



I. N. USAKOV

GEOMETRIA MINIERĂ

UNIVERSITATEA DE LAȘI
FACULTATEA DE
MINERALOGIE ȘI PETROLOGIE

EDITURA TEHNICĂ

Acu 75/2665

N:104 G. I. N. UŞAKOV

UNIVERSITATEA DE IAŞI
LABORATORUL
DE
MINERALOGIE ŞI PETROGRAFIE

GEOMETRIA MINIERĂ

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ



205155
B.C.U. - IASI



EDITURĂ TEHNICĂ

1 9 5 4

ADNOTAȚIE

Cartea reprezintă o expunere sistematică a problemelor geometriei miniere.

După conținutul și volumul său, ea este destinată studenților dela specialitatea „topografie minieră” din institutele miniere și politehnice, care studiază cursul „Geometria subsolului” (Geometria minieră).

Cartea poate fi folosită, deasemenea, de studenții cu specialitatea „explorări geologice” și de personalul tehnico-ingineresc al serviciilor de topografie și geologice dela întreprinderile miniere.

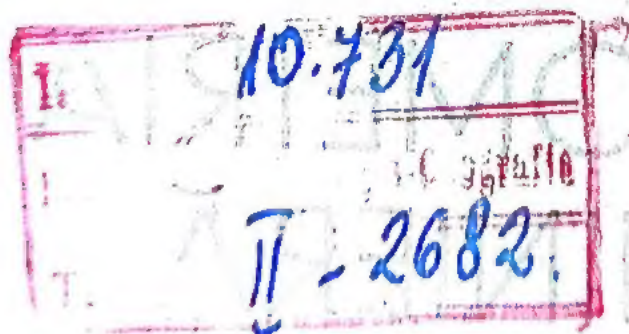


TABLA DE MATERII

Prefață la ediția a doua	9
------------------------------------	---

PARTEA ÎNTÂI

INTRODUCERE. NOȚIUNI GENERALE DIN TEORIA PROIECȚIILOR FOLOSITE ÎN GEOMETRIA MINIERĂ

Cap. I. Proiecțiile folosite în geometria minieră	20
§ 1. Considerații generale	20
§ 2. Proiecția cotată	23
1. Principiul metodei proiecției cotate. Proiecția punctelor	23
2. Proiecția liniilor drepte	25
3. Poziția reciprocă a dreptelor	28
4. Proiecția planelor	30
5. Poziția reciprocă a planelor	32
6. Dreapta și planul	36
7. Suprapunerea planelor	40
8. Despre suprafețe topografice	45
a) Considerații generale	45
b) Elementele de structură ale suprafeței topografice a terenului	46
c) Formele fundamentale ale reliefului	48
d) Variația lentă a suprafeței topografice și gradul ei de descompunere prin punctele de ridicare (cercetare)	49
§ 3. Proiecția axonometrică	54
1. Principiul proiecției axonometrice	54
2. Indicii de deformare și scara axonometrică	55
3. Relația dintre elementele de proiecție axonometrice	57
a) Proiecția oblică	57
b) Proiecția rectangulară	62
4. Construcția reprezentării axonometrice	67
§ 4. Proiecții afine	69
1. Principii generale	69
2. Coordonate afine	70
3. Construcția reprezentării afine	73

§ 5. Proiecția centrală	77
1. Observații generale	77
2. Proiecția liniară și gnomonică	80
a) Proiecția liniară și gnomonică a direcțiilor și a planelor	80
b) Determinarea unghiurilor în proiecția liniară	83
c) Dependența dintre elementele proiecției liniare și gnomonice	88
3. Proiecții stereografice	88
a) Proprietăți fundamentale și teoreme	88
b) Construcția proiecțiilor stereografice ale planelor	91
c) Proiecția stereografică a dreptei	93
d) Determinarea unghiurilor dintre plane și drepte	94
4. Rețele stereografice	96

PARTEA A DOUA

GEOMETRIA AȘEZĂRII ZĂCĂMINTELOR STRATIFORME ALE SUBSTANTELOR MINERALE UTILE ȘI TRASAREA LUCRĂRILOR MINIERE

Cap. II. Forma plană a așezării stratelor. Construcția și calculul după un număr limitat de puncte de explorare	99
§ 1. Observații generale	99
§ 2. Elementele de așezare ale stratelor	100
§ 3. Metode pentru determinarea elementelor de așezare ale stratului (direcție și înclinare)	101
1. Determinarea directă a direcției și înclinării zăcământului	103
a) Determinarea unghiurilor de direcție și de înclinare ale zăcământului cu busola minieră	103
b) Determinarea înclinării și a direcției cu ajutorul busolei suspendate și al eclimetrului	105
2. Formele de prezentare a zăcământului	107
a) Ecuația planului (acoperiș, culcuș) zăcământului dat prin coordonatele a trei puncte	108
b) Ecuația planului zăcământului dat prin coordonatele unui punct și prin două direcții	109
c) Ecuația normală a planului (acoperiș, culcuș) a zăcământului	110
3. Determinarea coordonatelor punctului de intersecție al sondelor cu stratul	112
4. Deviația și ridicarea sondelor	113
a) Observații generale	113
b) Noțiuni sumare asupra ridicării stratimetrice a sondelor	115
c) Clinometre bazate pe folosirea orizontalității nivelului lichidelor	122
d) Precizia determinării unghiurilor θ și φ la măsurările făcute cu aparatul HKA	128
e) Prelucrarea rezultatelor obținute prin măsurare	131
f) Construcția grafică a profilului și a planului unei sonde înclinate deviate	134
5. Determinarea direcției și a înclinării stratului după coordonatele a trei puncte	138

6. Determinarea direcției și a înclinării zăcământului pe baza apariției lui în pereții unei lucrări miniere verticale . . .	140
7. Determinarea direcției și a înclinării zăcământului după aparițiile acestuia într-o galerie transversală . . .	143
8. Determinarea grosimii stratului . . .	145
9. Adâncimea așezării zăcământului . . .	150
§ 4. Trasarea lucrărilor miniere până la zăcământ și în zăcământ (lucrări miniere de deschidere și pregătire) . . .	152
1. Trasarea lucrărilor miniere verticale până la zăcământ . . .	152
2. Trasarea lucrării miniere orizontale până la zăcământ . . .	153
3. Trasarea unei lucrări miniere înclinate până la zăcământ . . .	156
4. Trasarea lucrării miniere în zăcământ . . .	158
5. Determinarea lungimii, direcției și unghiului de înclinare ale unei lucrări miniere, trasate între două puncte date . . .	159
§ 5. Construcția secțiunilor orizontale și verticale . . .	160
Cap. III. <i>Forma cutată a stratelor</i> . . .	163
§ 1. Observații generale . . .	163
§ 2. Determinarea direcției și a înclinării cutelor . . .	167
§ 3. Construcții în legătură cu reprezentarea suprafețelor cilindrice a cutei . . .	168
§ 4. Construcții în legătură cu reprezentarea suprafeței conice a cutei . . .	174
§ 5. Construcția planului hipsometric al stratului după complexul desvelirilor . . .	177
§ 6. Construcția planului hipsometric al stratului cu ajutorul graficului de asemănare . . .	184
Cap. IV. <i>Dislocarea stratelor (disjuncțiile)</i> . . .	186
§ 1. Observații generale și definiții . . .	186
§ 2. Elementele geometrice ale faliilor (dislocărilor) . . .	193
§ 3. Clasificarea faliilor . . .	196
§ 4. Despre caracterul faliilor observate (studiate) . . .	212
1. Bazinul Doneț . . .	213
2. Bazinul Kuznețk . . .	227
3. Zăcământul dela Tkvarcelsk . . .	234
4. Deplasările în structurile din acoperiș . . .	239
§ 5. Observații, prelucrarea datelor și documentarea în cercetarea faliilor . . .	245
§ 6. Trasarea lucrărilor miniere în partea deplasată a stratului (zăcământului) . . .	253
§ 7. Despre faliile curbilinii . . .	264

PARTEA A TREIA

GEOMETRIZAREA ZĂCĂMINTELOR DE SUBSTANȚE MINERALE UTILE

Cap. V. <i>Cercetarea suprafețelor topografice ascunse</i> . . .	267
§ 1. Considerații generale . . .	267
§ 2. Indicii liniari . . .	276
1. Caracteristica de interval a indicilor liniari . . .	277
2. Eroarea metodei cifrelor comune (metoda sumei intervalelor) . . .	281
3. Caracteristica variației indicilor zăcământului . . .	286

4. Caracteristica numerică a stadiului de cunoaștere a indicilor	290
5. Aplicarea statisticii matematice în cercetarea proprietăților zăcământului	293
6. Uniformizarea curbilor empirice	300
§ 3. Indicii de contur sau de volum	308
1. Indicele în limitele conturului interior	309
2. Eroarea metodei cifrelor comune (sumei celulare)	311
§ 4. Reprezentarea suprafeței topografice ascunse	312
Cap. VI. Planurile calitative și de structură	318
1. Considerații generale	318
2. Conturarea zăcământului	319
3. Planurile fundamentale (de bază) de structuri și de calitate	325
1. Planul hipsometric	325
2. Planul zăcământului în isogrosimi	326
3. Planul isoadâncimilor	328
4. Planul isoliniilor de conținut în componenți utili sau cu influențe dăunătoare	328
5. Planurile isoliniilor de rezerve liniare	331
§ 4. Câteva exemple de geometrizare a zăcămintelor de substanțe minerale utile	332
1. Zăcămintele de cărbuni cu grosimea uniformă	332
2. Geometrizarea zăcământului cuprifer	336
3. Geometrizarea zăcămintelor aluvionare (poligoanele de dragare)	342
§ 5. Folosirea graficelor de geometrie minieră în procesul de explorare	347
§ 6. Analiza geometrică a transportului pe galerie la alegerea locului pentru amplasarea puțului	350
§ 7. Folosirea hărților de structură și de calitate la delimitarea sectoarelor de exploatare și pentru compunerea șarjei	355

PARTEA A PATRA

CALCULUL REZERVELOR DE SUBSTANȚE MINERALE UTILE SOLIDE

Cap. VII. Problemele generale ale calculului rezervelor	358
§ 1. Considerații generale	358
§ 2. Clasificarea rezervelor de substanțe minerale utile solide	359
1. Principiile generale de clasificare	359
2. Clasificarea rezervelor zăcămintelor carbonifere	363
a) Indicii comuni de raportare a rezervelor în categorii și subdiviziuni	363
b) Condițiile generale care se impun la eșantionarea cărbunilor în legătură cu repartizarea rezervelor la diferite categorii	364
c) Gruparea zăcămintelor de cărbuni	265
3. Clasificarea rezervelor zăcămintelor de substanțe minerale utile metalifere	372
a) Gruparea zăcămintelor metalifere, după factorii naturali, care determină metoda lucrărilor de explorare și condițiile de clasificare a rezervelor	372

b) Clasificarea rezervelor și condițiile de repartizare la categorii a grupelor puse în evidență prin lucrările de explorare	373
c) Desimea lucrărilor miniere	376
4. Clasificarea rezervelor zăcămintelor aluvionare	376
5. Raport asupra calculului rezervelor	378
§ 3. Problemele geometrice generale care se pun la calculul rezervelor	380
1. Determinarea suprafețelor	381
a) Calculul suprafețelor din coordonatele vârfurilor conturului	381
b) Metoda geometrică de determinare a suprafețelor	382
c) Determinarea suprafețelor cu planimetrul	383
d) Determinarea suprafețelor cu ajutorul curbimetrului și al transparentului	385
e) Determinarea suprafețelor cu abace (palete)	387
f) Determinarea suprafețelor liniare	387
2. Determinarea volumelor în calculul rezervelor	391
a) Corpuri cu suprafețe plane (poliedrele)	392
b) Corpuri delimitate de suprafețe curbe	395
3. Determinarea valorilor medii ale indicilor zăcămintului (grosimea, greutatea volumetrică și conținutul componentilor utili)	413
Cap. VIII. Metode pentru calculul rezervelor	414
§ 1. Metoda mediei aritmetice	415
§ 2. Metoda isohipselor	417
§ 3. Metoda triunghiurilor	418
§ 4. Metoda suprafețelor apropiate	421
§ 5. Metoda blocurilor	427
§ 6. Metoda secțiunilor verticale	429
a) Metoda secțiunilor verticale paralele	429
b) Metoda secțiunilor verticale neparalele	432
§ 7. Metoda isoliniilor	433
§ 8. Erorile comise la calculul rezervelor	434

PARTEA A CINCA

EVIDENȚA MIȘCĂRII REZERVELOR ȘI A PIERDERILOR. CONTROLUL TOPOGRAFIC MINIER AL PRODUCȚIEI

Cap. IX. Evidența mișcării rezervelor și a pierderilor	440
§ 1. Principii generale	440
§ 2. Clasificarea rezervelor industriale după gradul lor de pregătire pentru exploatare	442
§ 3. Calculul rezervelor exploatabile ale minei pentru începutul anului	448
§ 4. Evidența situației și a mișcării rezervelor exploatabile și industriale ale minei	450
§ 5. Clasificarea și evidența pierderilor substanței minerale utile	451

Cap. X. Controlul topografic minier al producției	464
§ 1. Principii generale	464
§ 2. Calculul producției după măsurările spațiului escavat	465
a) Determinarea volumului escavat	465
b) Documentarea măsurărilor	466
c) Determinarea greutateii volumetrice a substanței minerale utile în panou	467
§ 3. Măsurarea substanței minerale utile în stive	469
a) Determinarea volumului stivelor	469
b) Determinarea greutateii volumetrice a substanței minerale utile în stivă	471
Bibliografie	473

PREFAȚA LA EDIȚIA A DOUA

Prima ediție a cărții „Geometria minieră”, apărută în anul 1937, s'a epuizat complet.

Necesitatea literaturii didactice pentru predarea cursului cu același nume pentru specialitatea „topografie minieră”, a pus problema re-editării acestei cărți.

Ediția a doua este foarte mult prelucrată, corectată și completată față de prima, deoarece multe probleme de geometrie minieră s'au dezvoltat considerabil, din momentul apariției primei ediții.

În conformitate cu nivelul disciplinei, cu condițiile de pregătire a cadrelor ingineresti pentru industria minieră, cu observațiile critice și dorințele exprimate referitor la prima ediție, cum și cu experiența predării acestui curs la facultatea „topografia minieră”, toate părțile cărții, într-o măsură sau alta, au suferit modificări și completări. Totodată, structura cărții, adoptată în prima ediție, a rămas în fond fără modificări.

Ediția a doua, ca și prima, este destinată studenților facultății „topografia minieră”, care studiază cursul de „Geometria subsolului” (Geometria minieră).

Concomitent cartea poate servi ca manual pentru studenții facultății de exploatare geologice și pentru personalul tehnico-ingineresc al serviciilor de topografie și geologie din întreprinderile miniere.

Desigur că prezenta ediție are unele lipsuri. Autorul va primi cu recunoștință orice observație în această privință.

În încheiere exprim sinceră recunoștință membrului corespondent al Academiei de Științe din U. R. S. S., prof. N. G. Kell, prof. D. A. Kazakovski, docentului G. I. Dilesov și altor tovarăși, care au dat indicații prețioase la elaborarea ediției a doua a cărții.

Reprezentanți de seamă ai școlii miniere ruse și sovietice



IVAN MIHAILOVICI BATURIN

Profesor al Institutului minier din Leningrad
membru corespondent al Academiei de științe
ai U.R.S.S. (1880—1940)



VLADIMIR IVANOVICI BAUMAN

Profesor al Institutului minier din Petrograd
(1867—1923)



PETR MIHAILOVICI LFONTOVSKI

Profesor al Institutului minier din Ecaterinoslav
(1871—1923)



PETR CONSTANTINOVICI SUBOLEVSKI

Profesor tehnologic la Tomsk și profesor al In-
stitutului minier din Sverdlovsk și Moscova
(1868—1949)

PARTEA INTAI

INTRODUCERE, NOȚIUNI GENERALE DIN TEORIA PROIECȚIILOR, FOLOSITE ÎN GEOMETRIA MINIERĂ

INTRODUCERE

Multe probleme ale studiului geologic, ale explorării și exploatării zăcămintelor de substanțe minerale utile, după particularitățile proprii lor și după metodele lor de rezolvare, au un caracter geometric. Din acestea fac parte probleme ca, de exemplu: determinarea elementelor de zăcământ, studierea formelor și a condițiilor de zăcământ ale substanței minerale utile, cum și studiul metodelor de reprezentare și de întocmire a planurilor (hărți) structurale și calitative (a zăcămintelor, calculul și evaluarea rezervelor de substanțe minerale utile, proiectarea lucrărilor miniere de explorare și de exploatare, etc.). Astfel, proprietățile geometrice ale formelor, care se întâlnesc în legătură cu explorarea și exploatarea zăcămintelor de substanțe minerale utile pot fi și sunt obiectul unui studiu special.

Studiul raporturilor geometrice, care caracterizează zăcămintele de substanțe minerale utile în legătură cu explorarea și exploatarea lor și expunerea sistematică, pe această bază, a rezolvării prin metode geometrice a problemelor de explorare și exploatare, care sunt strâns legate de lucrările de ridicări topografice miniere, alcătuiesc conținutul (obiectul) unei discipline miniere speciale — „Geometria minieră“.

Deoarece această disciplină are un obiect și o metodă de cercetare proprie, ea are drept de existență și de dezvoltare independente.

Înainte problemele care intrau în sfera geometriei miniere, împrăștiate neuniform, fragmentar, necoordonate, erau expuse în diferite părți ale disciplinelor de explorare geologică și de exploatare minieră, cum și în cursurile de topografie minieră.

Lucrările publicate până în anul 1900 sub titlul „Topografia minieră“ sau „Geometria subterană“ cuprindeau, mai ales, descrierea ridicărilor miniere subterane și dela suprafață, cum și expunerea unor probleme de geometrie minieră.

M. V. Lomonosov a expus pentru prima dată în anul 1763, sub formă de lucrare tipărită în limba rusă, în capitolul „despre măsurarea minelor”, bazele ridicărilor miniere și rezolvarea unora dintre probleme, capitol care face parte din lucrarea sa capitală despre minerit și metalurgie, intitulată „Primele baze ale metalurgiei sau a mineritului”.

Socotind că rezolvarea problemelor de bază, printre care el considera problema fronturilor de întâlnire și ale limitelor dela suprafață în subteran... „nu poate fi efectuată fără geometrie”, el o bazează pe proprietatea asemănării figurilor.

Expunând numai chestiunile principale și considerând că „nu este necesar să se arate și problemele speciale, deoarece aproape orice problemă are cazurile ei speciale”, Lomonosov a reușit să expună, în acest mic capitol, tot ce era esențial pentru aceea vreme, în legătură cu problema dată.

El se referea la aplicarea geometriei în rezolvarea problemelor geologice și de tehnică minieră și în alte locuri din lucrarea sa.

Astfel, M. V. Lomonosov trebuie să fie socotit, cu drept cuvânt, primul creator al geometriei miniere ruse.

În 1805, a apărut cartea profesorului de liceu A. Maximovici, intitulată „Geometrie subterană practică”. Ea se referă la necesitatea instruirii elevilor liceului în disciplina dată și conținea, în paralel cu problemele de ridicări tipografice miniere subterane și dela suprafață, și rezolvarea unei serii de probleme geometrice, mai ales despre trasarea lucrărilor miniere.

Problemele geometriei faliilor se puneau mereu la explorarea și exploatarea porțiunilor deranjate ale unora sau altora dintre zăcămintele și impuneau rezolvarea lor. Deaceia, în literatură apărea din când în când examinarea lor. De exemplu, în două numere ale revistei Gornâi jurnal din anul 1835, s'a publicat lucrarea documentată a lui C. F. Butenev, sub titlul „Regulile noi pentru regăsirea zăcămintelor de substanțe minerale utile încălecate și alunecate”.

În această lucrare, Butenev, supunând criticii lucrările și reprezentările germane asupra problemei date, analizând cazurile caracteristice ale raporturilor geometrice dintre flancul zăcămintului și falie și reducându-le la 15 tipuri, dă cele patru reguli ale sale, pentru trasarea lucrărilor miniere, spre flancul zăcămintului deplasat.

Extinderea lucrărilor miniere și adâncimea la care ajungeau, cereau folosirea metodelor mai precise de ridicări subterane. Astfel, în a doua jumătate a secolului XIX s'a ivit necesitatea de a ridica și de a măsura unghiurile cu ajutorul teodolitului. În manualul didactic „Topografia minieră” publicat în anul 1847 pentru elevii Institutului minier, P. A. Olășev, cu patru ani înainte de Weisbach, se descrie teodolitul, amenajat pentru ridicarea lucrărilor miniere

subterană, verificarea lui și ordinea de execuție a ridicărilor cu măsurarea unghiurilor respective.

Autorul definește în modul următor obiectul topografiei miniere: „Executarea planurilor particulare, adică reprezentarea lucrărilor miniere subterane în planurile orizontal și vertical și, afară de aceasta, rezolvarea tuturor problemelor, care pot fi întâlnite la săparea lucrărilor miniere, compune obiectul topografiei miniere sau al geometriei subterane“.

În conformitate cu aceasta, în afară de ridicări topografice, el tratează rezolvarea unora dintre problemele geometriei miniere, care se referă mai ales la trasarea lucrărilor miniere. Concomitent, el analizează amănunțit problema importantă pentru geometria faliilor; a raportului dintre lungimile lucrărilor miniere, cu care se poate atinge flancul zăcământului alunecat sau aruncat.

Începând cu anul 1900, apar o serie de lucrări excepționale ale savanților — V. I. Bauman, P. M. Leontovski și P. C. Sobolevski, care au pus bazele primei geometrii miniere ca o disciplină minieră aparte.

Astfel, în anul 1905 a apărut cartea lui P. M. Leontovski, inginer minier și profesor la Școala superioară minieră din Ekaterinoslav, sub titlul „Elementele de zăcământ ale stratelor (Geometria minieră)“, care face parte dintr-o serie de scărți, editate de autor sub titlul comun „Problemele topografiei miniere“.

Lucrarea lui Leontovski este dedicată analizei detaliate a șase probleme, care se referă la elementele de zăcământ ale stratului; cea mai mare parte a ei se referă la expunerea problemelor geometriei filoanelor încrucișate și a faliilor, cum și la critica tratării acestor probleme în literatura străină și, mai ales, în literatura germană.

Ca răspuns la această carte a lui P. M. Leontovski, cum și la o serie de lucrări de peste hotare, a apărut cercetarea lui V. I. Bauman, profesor la Institutul minier din Petersburg, publicată în Analele Institutului minier în anul 1907, (vol. I, Ed. I) sub titlul „Probleme despre falii de cădere, de alunecare și alte falieri ale filoanelor și stratelor“, care dă o justificare riguros geometrică nomenclaturii faliilor și rezolvă problemele legate de explorarea flancului deplasat. Concluziile acestei lucrări, intitulată „Clasificarea geometrică a faliilor lui Bauman“, au intrat definitiv în literatura despre geometria minieră și sunt valabile până în prezent.

În anul 1908, V. I. Bauman a publicat în Gornâi jurnal lucrarea sa „Problemele determinării rezervelor zăcămintelor“, care dă o metodă de calcul al rezervelor zăcămintelor de forme complicate, cunoscută în literatură ca „Metoda lui Bauman“.

Lucrările indicate, ca și o serie de alte lucrări ale sale, despre problemele determinării elementelor de zăcământ ale stratelor și

ale filoanelor au fost un răspuns la cererea pusă de industria modernă în dezvoltare. Ele au servit ca material care, după concepția autorului, trebuie să compună al patrulea volum al cursului său clasic „Arta topografiei miniere”, sub titlul „Problemele de topografie minieră”. Cu pregătirea acestui material pentru editare, cu prelucrarea ulterioară a problemelor de geometrie minieră, s’a ocupat elevul prof. Bauman, I. A. Dalinkevici, inginer minier și profesor la Institutul minier din Petrograd.

Aceasta, după moartea lui V. I. Bauman, a litografiat în anul 1924 lecțiile de geometrie minieră, predate de autor studenților Institutului în anul școlar 1923/24. Cursul original cuprinde expunerea următoarelor probleme: bazele metodei proiecției cotate, formele de zăcământ ale rocilor, formele cotate de zăcământ, falile și calculul rezervelor.

După cum rezultă din cele expuse, cursul nu atinge problemele de geometrizare a zăcămintelor.

Astfel, s’a produs separarea geometriei miniere într’o disciplină minieră aparte. Ea prezintă o etapă naturală și condiția necesară dezvoltării ei.

Industrializarea țării a provocat, în primul rând, un avânt al industriei miniere, în legătură cu care s’a ivit problema studierii și a cunoașterii unui număr mare de zăcăminte de substanțe minerale utile. Odată cu aceasta, nivelul industriei socialiste pretindea, pe de o parte, caracteristicile precise și obiective ale zăcămintelor cercetate, iar pe de altă parte, conducerea rațională a lucrărilor miniere de explorare geologică și de exploatare. Aceste cereri mărite ale industriei au pus probleme noi atât serviciilor de explorări, cât și serviciilor topografice miniere ale întreprinderilor.

În legătură cu aceasta, analizarea geometrică a problemelor a devenit un element esențial al organizării raționale a lucrărilor miniere de explorare geologică și a celor de exploatare, iar rezultatele geometrizarii zăcămintelor, adică complectul planurilor structurale și calitative, întocmite în mod corespunzător, a devenit materialul necesar pentru evaluarea industrială a zăcămintelor, pentru proiectarea minieră și construirea și exploatarea întreprinderilor miniere.

Lucrările publicate de prof. P. C. Sobolevski, „Arta topografiei miniere moderne, ca metodologie pentru rezolvarea problemelor de bază ale artei miniere”, (Lucrările primului congres interunional tehnico-minier, vol. VII, 1926), „Geometria minieră modernă” (Revista „Reconstrucția și știința socialistă” nr. 7, 1932), conspectele cursurilor de geometrie a subsolului, formau baza teoretică a metodologiei geometrizarii zăcămintelor. Propaganda susținută îndelungată, verbală și în scris, a acestei metode, dusă de prof. Sobolevski, a con-

tribuit la introducerea lor în serviciile geologice de explorare și de topografie minieră.

Începând cu al treilea deceniu, unitățile de topografie minieră din întreprinderile miniere, institutele de proiectare, cum și centrala științifică de cercetare a topografiei miniere, reorganizată din nou — Biroul Central Științific de cercetare a topografiei miniere (ЦНИМБ), și colectivele științifice de topografii miniere ale institutelor din învățământul superior minier, în special colectivul Institutului minier din Sverdlovsk, au executat lucrările de geometrizare a multor zăcăminte din Uniunea Sovietică. Iată unele dintre zăcămintele a căror geometrizare a fost executată de atunci:

1. zăcămintele carbonifere dela Kislovsk și Celiabinsk, cum și zăcămintul de cărbune dela Egorșinsk;
2. zăcămintul de minereu de fier din muntele „Magnitnoia“;
3. zăcămintul de pirită cupriferă dela Bleavinsk;
4. zăcămintul polimetalic dela Melentievsk;
5. zăcămintul complex dela Volkovsk;
6. zăcămintul de minereuri cuprifere dela Djeskazgansk;
7. zăcămintul aluvionar dela Serlovogorsk, etc.

Pe baza datelor obținute a fost elaborată amănunțit metodologia acestor lucrări. Acestea au fost expuse în diferite rapoarte generale sau lucrări tipărite despre problema metodologiei geometrizării zăcămintului și rezolvarea unora dintre problemele de bază ale mineritului. De exemplu, în anul 1935 a apărut cartea lui D. N. Globlin, docent la institutul minier din Sverdlovsk, sub titlul „Alegerea locului pentru amplasarea minei“.

În anul 1938 a fost publicată lucrarea lui N. A. Blașkevici și G. I. Vileșov „Experiența geometrizării poligoanelor de dragare“. În același an, o grupă a colaboratorilor științifici dela Biroul Central Științific de cercetare a topografiei miniere, sub conducerea generală a prof. P. C. Sobolevski, a întocmit un raport documentat asupra temei „Metodologia Geometrizării“, care include problemele generale ale acestei metodologii, și trece în revistă lucrările de geometrizare a zăcămintelor executate pe acea vreme. Concomitent, economia socialistă a pus în fața serviciului topografiei miniere, cu o insistență deosebită, problema conservării subsolului, ceea ce, la rândul său, a găsit un ecou în geometria minieră, prin prelucrarea problemelor evidenței și ale mișcării rezervelor, pierderilor și diluării substanțelor minerale utile în timpul exploatării.

Desvoltarea uriașă a industriei miniere în anii cincinalelor staliniste pretindea avansarea corespunzătoare a științei miniere. În această perioadă, geometria minieră, s'a desvoltat repede, în diverse direcții.

Cărțile, manualele didactice și alte lucrări despre această tânără disciplină, încep să apară din belșug.

În al treilea deceniu apar o serie de lucrări despre diverse părți ale geometriei miniere, elaborate de colectivul catedrei „Topografie minieră” a Institutului minier din Dnepropetrovsk.

În anul 1935 a fost litografiat de către Institutul de explorări geologice din Moscova, conspectul despre „Geometria subsolului” al prof. P. C. Sobolevski, a cărui însemnătate a fost arătată mai sus.

În anul 1937 a fost publicată cartea „Geometria minieră” a lui N. I. Ușacov, docent la Institutul minier din Leningrad, sub redacția prof. Bahurin, în care au fost lămurite problemele de bază ale acestei discipline.

În anul 1941 a fost publicată cartea „Geometria subsolului” a lui P. A. Râjov, docent la Institutul de mine și metalurgie din Cazahsk, care prezintă expunerea desfășurată a metodologiei geometrizării zăcămintelor și calculul rezervelor. În această lucrare sunt expuse complet ideile de bază ale lui P. C. Sobolevski în domeniul geometriei subsolului, metodologia, exemple de geometrizare a zăcămintelor de substanțe minerale utile și calculul rezervelor.

În dezvoltarea ideilor lui P. C. Sobolevski, o mare însemnătate au lucrările despre geometrizarea zăcămintelor metalifere executate de colectivul catedrei de „topografia minieră” a Institutului minier din Sverdlovsk și a Institutului de mine și metalurgie din Kazahstan, în ultimii 10—12 ani, în Ural și în Republica S. S. Kazahă.

Dezvoltarea teoriei și a metodologiei analizei geometriei miniere continuă. Din acest punct de vedere, un mare interes prezintă conspectul geometriei miniere, redactat de N. G. Kell, profesor la Institutul minier din Leningrad, în anii Marelui Război pentru Apărarea Patriei, în legătură cu predarea acestei discipline la Institutul minier dela Dnepropetrovsk și care, din nefericire, nu a fost editat. Conspectul prezintă o expunere originală a problemelor geometriei miniere și exprimă o apreciere critică a autorului asupra cursurilor de „Geometrie minieră” și „Geometria subsolului”, existente în U.R.S.S.

Ultima ediție este cartea lui D. A. Cazacovschi, profesor la Institutul minier dela Leningrad „Evaluarea preciziei rezultatelor în legătură cu geometrizarea și calculul rezervelor”, apărută în anul 1948, care completează în mare măsură lacunele problemei date.

În anii cincinalelor staliniste, dezvoltarea geometriei miniere se manifestă prin participarea activă a personalului topografic minier din industrie, care a dat o serie de lucrări despre geometria minieră, publicate în literatura tehnică minieră periodică de specialitate. Dintre acestea fac parte lucrările lui P. A. Smolinkov, V. G. Surâghin, G. S. Sutenkov, A. E. Sergunin, I. I. Gavriușev și multe altele, mai ales în ce privește problemele de calcul și de evidență ale rezervelor producției și ale pierderilor de substanțe minerale utile, cum și ale geometrizării zăcămintelor.

Din cele expuse rezultă că, în condițiile noastre geometria minieră s'a dezvoltat repede. Posibilitățile dezvoltării acestei discipline stau în legăturile ei temeinice cu dezvoltarea industriei socialiste din U. R. S. S. Cu cât se pune mai mult accentul pe calea motivată din punct de vedere științific, cu atât este mai necesar studiul multilateral, pe scară largă, al zăcămintelor, inclusiv caracterizarea lor geometrică amănunțită și metodologia adecvată a rezolvării și sub raport practic, a principalelor probleme științifice. Cu alte cuvinte, la baza dezvoltării cu succes a geometriei miniere, în condițiile construirii socialismului, stă dezvoltarea industriei noastre miniere, dezvoltarea și raționalizarea mineritului ca domeniu tehnic. Fără o imagine spațială întocmită din timp despre caracterul zăcămintului, a condițiilor lui de așezare, a calității substanței minerale utile și a direcțiilor lucrărilor miniere de explorare și exploatare, activitatea exploratorului, a topografului și a minerului este lipsită de previziune și, ca atare, este supusă întâmplărilor neprevăzute. Pentru preîntâmpinarea acestora, tehnicieni specialiști trebuie să stăpânească cu desăvârșire metodologia analizei geometriei miniere și soluționarea problemelor corespunzătoare, care se întâlnesc în explorările geologice și în minerit.

Conținutul geometriei miniere presupune o legătură organică a ei cu știința și cu practica explorării geologice și a mineritului.

Geometria minieră a fost creată pentru prima dată, ca o disciplină minieră independentă, în Uniunea Sovietică, cecace a fost condiționat de nivelul dezvoltării industriei socialiste miniere, de raționalizarea justă a exploatării miniere, bazată pe principiul consumului minim de muncă, pentru o producție maximă de bunuri utile societății.

Prezentul curs de „Geometrie minieră” se compune din cinci părți (tot conținutul fiind subordonat principiului „de la simplu spre complex”). Prima parte cuprinde introducerea, o privire scurtă și comparativă a proiecțiilor folosite în geometria minieră.

Partea a doua este dedicată expunerii geometriei de așezare a zăcămintelor stratiforme de substanțe minerale utile și trasarea lucrărilor miniere în ordinea: a) forme plane de zăcămint; b) cule și c) falierile stratelor (dijuncțiile).

În partea a treia sunt expuse, cu complexitatea necesară, problemele geometrizării zăcămintelor de substanțe minerale utile.

Un loc însemnat ocupă în prezentul curs partea a patra — calculul rezervelor de substanțe minerale utile, unde se expun amănunțit problemele generale ca și cele speciale de calcul al rezervelor. Cursul se încheie cu partea a cincea, care conține controlul topografic al producției, evidența mișcării rezervelor, a pierderilor și a diluării substanței minerale utile în timpul exploatării zăcămintelor.

PROIECȚIILE FOLOSITE ÎN GEOMETRIA MINIERĂ

§ 1. CONSIDERAȚII GENERALE

Pentru rezolvarea problemelor geometrice legate de exploatarea minieră și de explorarea geologică, trebuie să se folosească, pe o scară întinsă, materialul grafic — desene, din care o parte reprezintă imaginile zăcămintelor de substanțe minerale utile și ale lucrărilor miniere în legătură cu acestea, sub formă de diferite planuri și secțiuni, iar altă parte conține construcții geometrice, cu ajutorul cărora se determină valorile căutate.

Fiecare desen trebuie să reprezinte imaginea cea mai clară și mai completă a obiectului reprezentat, adică trebuie să fie *sugestiv*. Afară de aceasta, el trebuie să fie astfel executat, încât să se poată găsi ușor mărimile (dimensiunile) obiectului reprezentat, adică desenul trebuie să fie sugestiv și ușor de măsurat. Diferite sisteme de reprezentare asigură, în mod diferit, aceste două proprietăți ale desenelor. La baza tuturor metodelor de reprezentare stau metodele de proiecție. Acestea se împart în: proiecții centrale (de perspectivă sau conice) și paralele (cilindrice).

Imaginile obținute cu ajutorul metodei proiecțiilor centrale se deosebesc printr-o mare sugestivitate. Deformațiile însemnate, care se observă la aceste imagini, îngreunează mult determinarea după desen a dimensiunilor adevărate ale obiectului și, prin aceasta, restrâng posibilitatea aplicării proiecțiilor centrale în geometria minieră. Invers, imaginile obținute după metoda de proiecții paralele se deosebesc prin posibilitatea de a măsura mai ușor dimensiunile obiectului reprezentat, însă nu dau imaginea deplină în spațiu a formei obiectului, așa cum o dă reprezentarea în perspectivă.

În practica minieră și de explorări geologice, proiecțiile ortogonale au găsit o aplicare largă, prin metode care satisfac în cel mai înalt grad posibilitatea de măsurare a dimensiunilor obiectului după desen. Metoda proiecției ortogonale este un caz particular al proiecției paralele, și anume, cazul în care proiectantele sunt perpendiculare pe planurile de proiecție, care se confundă cu planurile orizontale sau verticale de proiecție.

Cazul general al proiecției paralele în plan este proiecția axonometrică, care satisface ambele cerințe, și anume, atât a sugestivității, cât și a măsurării comode. Ea se plasează între proiecția perspectivă și cea paralelă. La această proiecție, dimensiunile obiectului în desen, după anumite direcții, nu se deformează și, în același timp, obiectul

este destul de bine reprezentat în spațiu. În fig. 1 este reprezentat cubul în cele trei sisteme de proiecții, pentru ilustrarea celor arătate mai sus.

În adevăr, metoda proiecțiilor ortogonale reprezintă cubul în proiecții (fig. 1, a), ale căror dimensiuni se pot măsura ușor, însă este lipsită de sugestivitate; reprezentarea în perspectivă a cubului (fig. 1, c) dă imaginea în spațiu a obiectului, însă dimensiunile lui sunt greu de măsurat; proiecția axonometrică a cubului (fig. 1, b), cu toate că este mai puțin sugestivă decât reprezentarea în perspectivă, totuși, este mai ușor de măsurat.

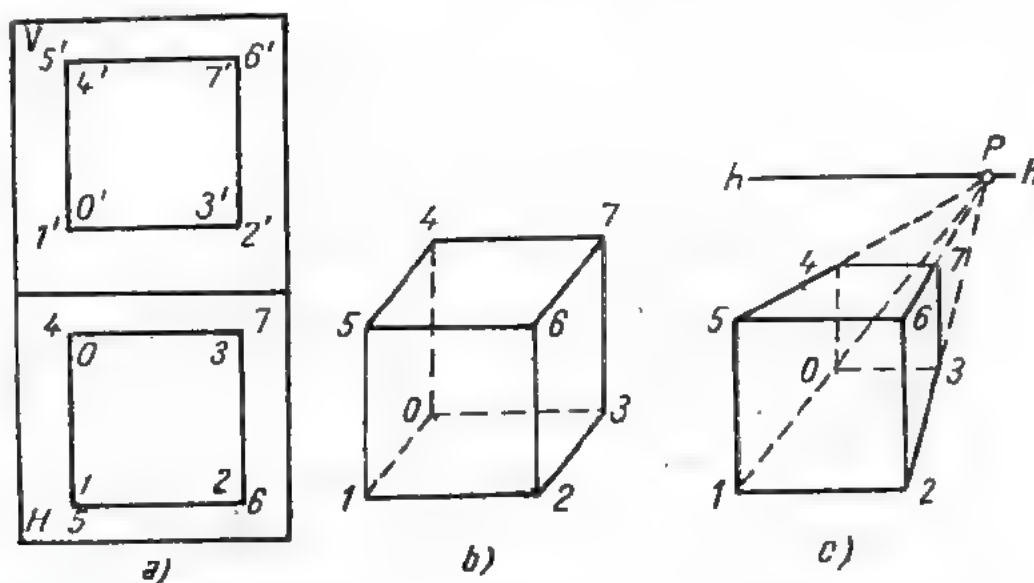


Fig. 1

Geometria minieră trebuie să se ocupe cu reprezentarea și determinarea valorilor unghiulare și liniare. Problemele legate de valorile unghiulare se rezolvă, uneori, prin aplicarea proiecțiilor stereografice și liniare, care fac parte din proiecțiile centrale. Aplicarea mai răspândită a proiecției stereografice se întâlnește în cristalografie și în metodele de cercetare petrografică a rocilor, deoarece aplicarea lor este comodă, în cazul când valorile cercetate sunt numai cele unghiulare. În cazul valorilor liniare, trebuie folosite proiecțiile paralele.

Reprezentarea și determinarea valorilor unghiulare se pot face și cu ajutorul proiecției ortogonale cotate. Întrucât, în majoritatea problemelor, atât valorile unghiulare, cât și cele liniare apar împreună, la determinarea lor este mai ușor să se folosească metode de construcții grafice, care dau soluții generale.

Ultima cerință este satisfăcută mai bine prin aplicarea proiecției paralele. Deaceia, aceasta este aplicată mai ales la rezolvarea problemelor geometrice, care se întâlnesc în minieră și în explorările geologice.

Proiecția paralelă constă în următoarele.

Fie în spațiu obiectul M (fig. 2) și suprafața K , pe care se proiectează obiectul după o direcție oarecare PP' ; această suprafață K , numită suprafață de proiecție, are proprietatea că o dreaptă paralelă cu direcția de proiecție PP' poate intersecta suprafața K numai într'un singur punct.

Se duc prin punctele $ABDE$, care determină forma corpului M , drepte (raze de proiecție) paralele cu direcția de proiecție PP' și care se prelungește până la intersecția lor cu suprafața K , în punctele $abde$.

Unind aceste puncte în aceeași ordine a lor din spațiu, se va obține pe suprafața K imaginea (proiecția) m a corpului M . Proiecția

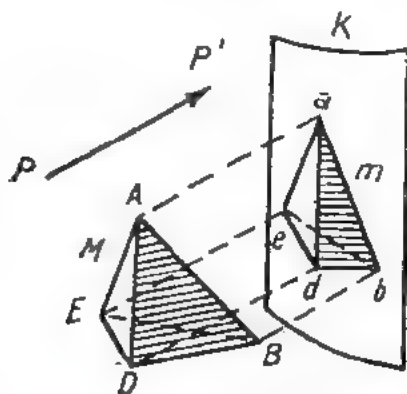


Fig. 2

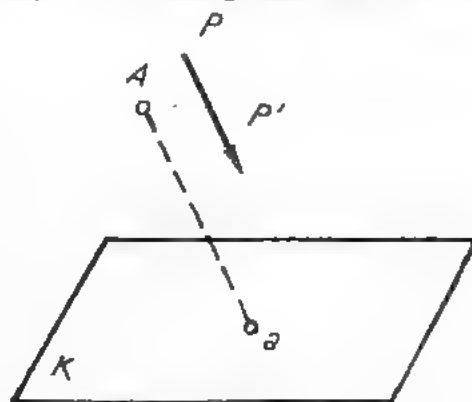


Fig. 3

paralelă se poate considera ca un caz al proiecției centrale (perspective), când centrul (polul) proiecției este aruncat pe direcția contrarie PP' , la infinit. În multe cazuri, mai ales în geometria minieră, se prezintă posibilitatea de a înlocui suprafața de proiecție K printr'un plan. Acest caz se va trata mai jos.

Fie date un plan oarecare de proiecție K și direcția de proiectare PP' . Pentru a construi proiecția unui punct oarecare A din spațiu, se duce prin A o dreaptă (raza de proiecție), paralelă cu PP' . Punctul a , de întâlnire a acestei drepte cu planul de proiecție K , este proiecția punctului A (fig. 3). Dacă PP' este perpendiculară pe planul K , proiecția se numește *ortogonală*. Dacă însă direcția PP' nu este perpendiculară pe planul K , avem cazul general al *proiecției oblice*.

Pentru a obține imaginea corpului, care să îndeplinească cele două condiții de bază menționate (posibilitatea de măsurare a dimensiunilor și sugestivitatea, se poate lua planul K , în orice poziție, și direcția de proiectare PP' , în orice direcție. În tehnică se folosește foarte mult proiectarea ortogonală pe plan vertical și pe plan orizontal. În cazul corpurilor cu formă complicată, în scopul creării unei imagini mai sugestive, se folosesc deseori și proiecțiile paralele oblice.

În acest caz, orice corp, înainte de a fi reprezentat pe plan, se raportează la un sistem de axe de coordonate carteziene în spațiu, după aceea se proiectează punctele care determină forma corpului, împreună cu axele de coordonate dreptunghiulare, paralele cu direcția aleasă PP' , pe planul de proiecție K . Se obține astfel, pe planul K , reprezentarea corpului și a axelor de coordonate. Imaginea astfel obținută stă într'un raport geometric determinat față de corpul reprezentat.

Caracterul acestui raport determină gradul de deformare al dimensiunilor corpului din desen (reprezentare).

În funcție de condițiile alese, axele de coordonate în proiecție se vor deforma într'un raport determinat. Dimensiunile corpului, paralele cu axele de coordonate, vor suferi în proiecție deformări asemănătoare.

Deaceia, dacă este cunoscută scara desenului și indicii de deformare după fiecare axă de coordonate, se pot determina dimensiunile corpului din desen, care, în spațiu, sunt paralele cu axele de coordonate. Metoda arătată mai sus poartă numele de axonometrie (măsurarea axelor). Descrierea mai amănunțită a metodei se va face în cursul acestui capitol. Se va analiza pe scurt un caz particular, mai simplu, al proiecției paralele, și anume, proiecția ortogonală pe planul orizontal, care se mai numește și metoda proiecției cotate. Deoarece există manuale speciale despre proiecții și, mai ales, despre proiecțiile aplicabile în topografia și geometria minieră, se va examina numai caracteristica generală a proiecțiilor și se vor cerceta numai acele chestiuni, care se referă direct la problemele de geometrie minieră și care nu au fost lămurite în capitolele speciale ale cursului.

§ 2. PROIECȚIA COTATĂ

1. PRINCIPIUL METODEI PROIECȚIEI COTATE. PROIECȚIA PUNCTELOR

Metoda proiecției cotate are ca scop reprezentarea corpurilor din spațiu pe un plan și rezolvarea după aceste reprezentări a diferitelor probleme geometrice. Pentru aceasta, se duc perpendiculare pe plan, din diferite puncte ale corpului, numite puncte de reprezentare. Punctele, unde perpendicularele întâlnesc planul de proiecție, se cotează și sunt numite proiecțiile ortogonale ale punctelor de reprezentare. Alături de proiecția fiecărui punct se scrie valoarea, care definește înălțimea punctului față de plan. Având pe plan o serie de puncte cotate, se poate determina oricând, în spațiu, poziția însăși a punctelor de reprezentare, în raport cu planul de proiecție. Punctele menționate din plan se numesc *proiecții cotate*, iar această metodă de reprezentare a formelor din spațiu se numește *metoda proiecțiilor cotate* (36).

Astfel, proiecția cotată reprezintă un caz al proiecției ortogonale pe un singur plan. Această metodă de proiecție este folosită foarte mult în minerit și în explorările geologice, la reprezentarea zăcămintelor și a lucrărilor miniere, legate de ele, din cauza neregularității și a complexității formelor, cum și din cauza dimensiunilor mari ale zăcămintelor. Proiecția ortogonală pe 2—3 plane, care este folosită foarte mult în desenul tehnic, este înlocuită cu mult succes prin proiecția cotată (proiecție pe un singur plan) și prin sistemele de secțiuni (verticale și orizontale).

Fie în spațiu două puncte oarecare A și B planul orizontal al proiecției H (fig. 4), și un al treilea punct C , care coincide cu

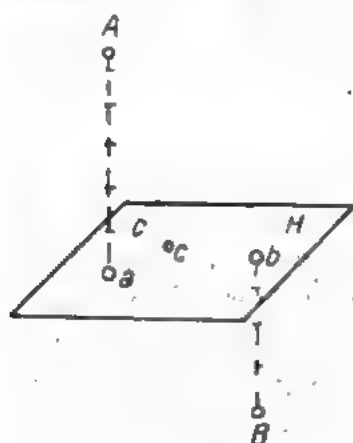


Fig. 4



Fig. 5

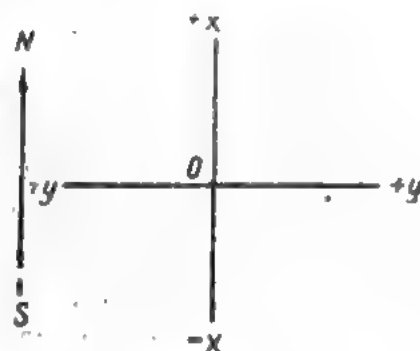


Fig. 6

planul de proiecție H . Prin punctele A și B se duc perpendiculare la planul orizontal H , până la intersecția lor cu planul de proiecție, în punctele a și b . Acestea sunt proiecțiile ortogonale ale punctelor A și B din spațiu. Punctul C fiind conținut în planul de proiecție, va avea proiecția sa c , confundată cu C .

În fig. 4 este reprezentat modul în care se plasează punctele din spațiu în planul de proiecție și cum se obțin proiecțiile punctelor pe desen. Luând o scară anumită, se măsoară înălțimea punctului A și a punctului B față de planul de proiecție, și se găsește că primul este deasupra planului H , cu 6 unități, iar al doilea este mai jos decât planul H , cu 4 unități. Pentru punctul C , distanța față de planul H este egală cu 0. Ca rezultat final, vor apărea în desen proiecțiile punctelor a , b și c , însoțite de cifrele așezate în dreapta lor, care arată valorile distanțelor punctelor din spațiu (punctele proiectate) pe verticală, până la planul de proiecție (fig. 5). Cifrele menționate se numesc *cote numerice*. Punctele situate deasupra planului de proiecție se consideră cu cota *pozitivă*, iar cele de sub acest plan, cu cota *negativă*. Semnul se pune numai la valorile negative (—).

Astfel, poziția punctelor în spațiu este perfect determinată atât prin proiecția punctelor, cât și prin valoarea cotelor. În cele ce

urmează se va lua poziția axelor de coordonate după convenția din geodezia și din topografia minieră. Axa Ox se ia paralelă cu axa meridianului, iar axa Oy , perpendiculară pe ea (fig. 6). Sensul axelor se va lua ca în geometria analitică: în sus și spre dreapta sensul pozitiv, în jos și spre stânga sensul negativ. Sensul axei (z) se va lua pozitiv, când este deasupra planului H , și negativ, când va fi sub planul de proiecție H .

Planul de proiecție H , față de care se determină distanțele verticale ale punctelor din spațiu, se numește, adeseori, *plan de cotă zero* (sau plan de referință), pentru că valoarea cotei lui este luată ca zero. De cele mai multe ori, se ia ca plan de referință suprafața nivelului mediu al apelor mărilor și oceanelor globului terestru. În acest caz, cotele se numesc *absolute*.

Pentru un plan de cotă zero, luat la întâmplare, valoarea cotei se numește *relativă* sau *convențională*.

2. PROIECȚIA LINIILOR DREPTE

Linia dreaptă, ca element geometric, are o însemnătate de bază în geometria minieră. Aici, sub forma de linii drepte se consideră axele lucrărilor miniere de explorare geologică și a exploatărilor, cum și caracteristicile zăcămintelor, direcția și înclinarea lor.

Deaceia, cunoașterea proprietăților geometrice ale drepte și a raportului ei față de alte elemente geometrice, de exemplu față de plan, are o mare importanță în rezolvarea problemelor geometrice, legate de exploatările miniere și de cercetările geologice.

Intrucât proiecțiile cotate fac parte dintre proiecțiile paralele ortogonale, proiecția drepte va fi, în acest caz, tot o dreaptă, iar lungimea proiecției va fi mai mică sau egală cu lungimea adevărată a dreptei. Poziția drepte în spațiu este pe deplin determinată de două puncte, care sunt așezate pe linia dreaptă, sau printr'un punct și o direcție. Deaceia, dacă această dreaptă este dată, proiecția drepte se poate construi prin coordonatele a două puncte curente ale drepte sau prin coordonatele unui punct și direcția ei (fig. 7). Direcția drepte se determină prin două valori unghiulare: în planul orizontal,

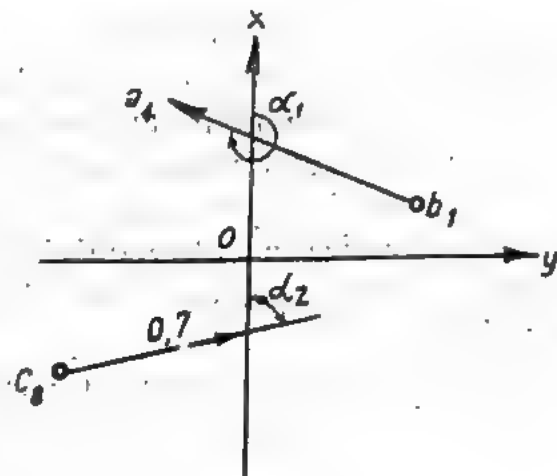


Fig. 7

prin unghiul de direcție α , iar în planul vertical, prin unghiul de înclinare față de orizont (unghiul format de dreapta și de proiecția sa) δ (fig. 8).

Unghiul de direcție al unei drepte este un unghi orizontal, măsurat în sensul mișcării acelor unui ceasornic, dela poziția pozitivă a absciselor (sau a meridianului) și până la proiecția dreptei, în sensul înclinării ei.

Tangenta unghiului de înclinare al drepte se numește *coeficientul unghiular* și se notează cu i . Valoarea tangentei se scrie, uneori, deasupra proiecției dreptei, sub formă de fracție zecimală (fig. 7).

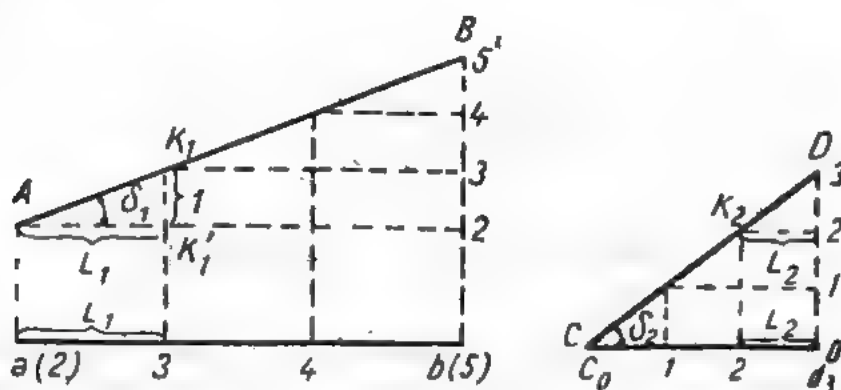


Fig. 8

În acest caz, poziția dreptei în spațiu se poate imagina ușor: unghiul de direcție al dreptei, α , se ia din desen, iar numărul scris sau valoarea fracției zecimale dau înclinarea dreptei.

Pentru caracterizarea înclinării unei drepte, în problemele de geometrie minieră se folosește nu numai valoarea numerică, ci și mărimea grafică a intervalului. *Interval* se numește proiecția unui segment de dreaptă, care are diferența dintre cotele capetelor egală cu unitatea.

Intervalul se înseamnă cu litera L (L_1 și L_2 în fig. 8).

Din triunghiul $AK_1 K_1'$ se găsește:

$$i = \operatorname{tg} \delta = \frac{K_1 K_1'}{AK_1'} = \frac{1}{L_1},$$

de unde

$$L_1 = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta} = \frac{1}{i}; \quad (1.1)$$

De aici rezultă că intervalul este inversul coeficientului unghiular al dreptei.

Această situație este ilustrată bine în fig. 8, unde se vede că, odată cu mărirea înclinării drepte, scade și intervalul, și invers. Pentru rezolvarea multor probleme, este practic să existe puncte cotate pe

proiecția dreptei, exprimate în numere întregi. Pentru aceasta, se împarte lungimea dreptei în segmente egale, prin așezarea intervalului.

Această operație se numește *gradarea* proiecției dreptei.

La valori mari ale unghiului de înclinare al dreptei față de orizontală, gradarea cu un singur interval (L) este incomodă, întrucât acesta are o valoare mică, mai ales la scări mici ale desenului. În acest caz, se gradează cu 5, 10 și, uneori, cu 20 și mai multe intervale. Înainte de a grada, este necesar să se găscască mărimea intervalului sau multiplul măririi lui. Dacă dreapta este dată prin coordonatele a două puncte, intervalul ei va fi egal cu lungimea proiecției segmentului de dreaptă, împărțit la diferența cotelor capetelor dreptei.

Când dreapta este dată prin coordonatele unui punct și prin unghiul de înclinare, intervalul se calculează grafic sau cu formula (1.1).

După ce s'a calculat valoarea intervalului L , gradarea proiecției se poate face, în cazul când punctul dat pe

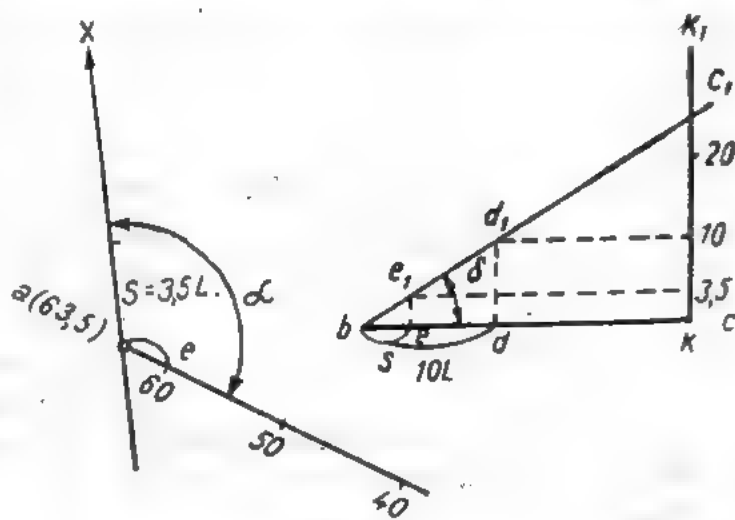


Fig. 9

dreaptă are drept cotă un număr întreg, gradând cu un singur interval, sau cu multiplul de 5 și 10, în cazul gradării cu cinci și zece intervale.

Având cotele punctelor date cu numere zecimale sau nedivizibile cu mărimea intervalului ales, se determină pe dreaptă, prin calcul sau grafic, punctul cu cota de un număr întreg sau divizibil cu valoarea intervalului ales, dela care, prin gradare, se obține, pe proiecția dreptei, o serie de puncte cu valori întregi de cote. Fie o dreaptă dată prin coordonatele unui punct și prin α și δ ; să se reprezinte dreapta în proiecție cotată; gradarea să se facă cu $10L$ (fig. 9). După coordonatele date se reprezintă punctul $a(63,5)$; cu α dat se trasează direcția dreptei. Cotele proiecției se vor micșora în această direcție. Separat, în locul arbitrar, se duce dreapta bc_1 , cu unghiul de înclinare δ . Dintr'un punct ales arbitrar k , de pe dreapta orizontală bc , se duce perpendiculara kk_1 , pe care se înseamnă valorile cotelor. În fig. 9, segmentul bd va fi egal cu $10L$. Pe proiecția cotelor. În fig. 9, segmentul bd va fi egal cu $10L$. Pe proiecția dreptei se găsește punctul cel mai apropiat de cotă egală cu un multiplu de 10. Aceasta va fi cota 60, care va diferi de cota punctului a , prin 3,5 unități. Pentru a obține punctul de cota 60, se ia din

punctul a , segmentul $be = 3,5$. De la punctul obținut de cota 60, se gradează dreapta cu mărimea bd , egală cu $10 L$, și se notează cotele corespunzătoare.

Gradarea cu unul sau cinci intervale se face la fel. În acest caz, cotele notate pe proiecția dreptei vor fi multiple ale lui 1 și 5.

3. POZIȚIA RECIPROCA A DREPTELOR

Dreptele în spațiu pot fi: paralele, concurente și oarecare. În anumite cazuri, dreptele care se intersectează pot fi perpendiculare una pe alta. *Dreptele paralele* în spațiu, în proiecție cotate, vor fi

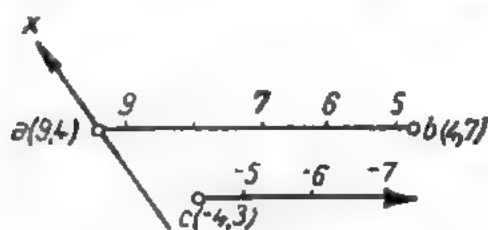


Fig. 10

tot drepte paralele cu intervale egale. De aceea, pentru a construi o paralelă la o dreaptă dată, se va duce în planul de proiecție, prin punctul dat, o paralelă la proiecția dreptei, se va grada cu intervalele dreptei și se vor nota cotele corespunzătoare. La drepte paralele, cotele cresc în același sens.

În fig. 10 este reprezentată dreapta definită de punctele $a(9,4)$, $b(4,7)$ și dreapta construită paralel cu ea, care trece prin punctul $c(-4,3)$.

Dreptele concurente. Dreptele concurente din spațiu vor fi reprezentate în proiecția cotate prin două drepte, care se intersectează. Punctul de intersecție k are cota comună pentru ambele drepte (fig. 11).

Dacă dreptele din spațiu nu se intersectează, ci sunt oarecare, în proiecție, punctul lor de intersecție are cote diferite. În cazul

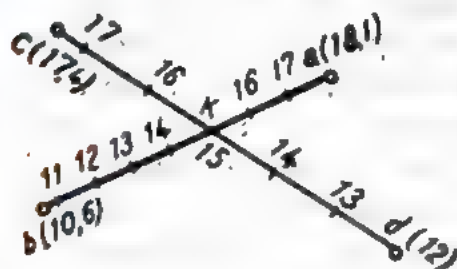


Fig. 11

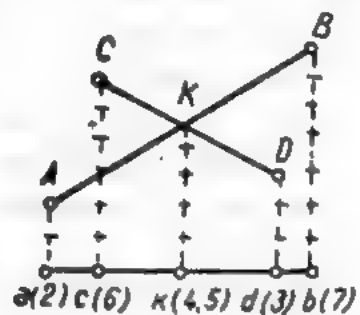


Fig. 12

particular, când dreptele concurente din spațiu sunt cuprinse într'un singur plan proiectant, proiecțiile lor sunt reprezentate printr'o singură dreaptă. Fie două drepte care se intersectează AB și CD (fig. 12) și care se află într'un plan vertical de proiecție. Cum se vede în desen,

proiecțiile lor, ab și cd , se confundă într-o singură dreaptă. Pentru a găsi punctul K de intersecție al dreptelor și pentru a determina coordonatele acestui punct, se rabate planul vertical, în care se află dreptele date, pe planul desenului (planul de proiecție orizontal), prin rotirea lui în jurul dreptei ab . Luând cota planului orizontal al desenului egală cu 0, se duc, din extremitățile proiecțiilor dreptelor, perpendiculare egale cu cotele lor și se unesc punctele obținute. Punctul K este intersecția dreptelor din spațiu. Distanța punctului K pe verticală față de ab , la scara dată a desenului, este cota, iar piciorul acestei perpendiculare, dă punctul k , care este proiecția punctului de intersecție al dreptelor.

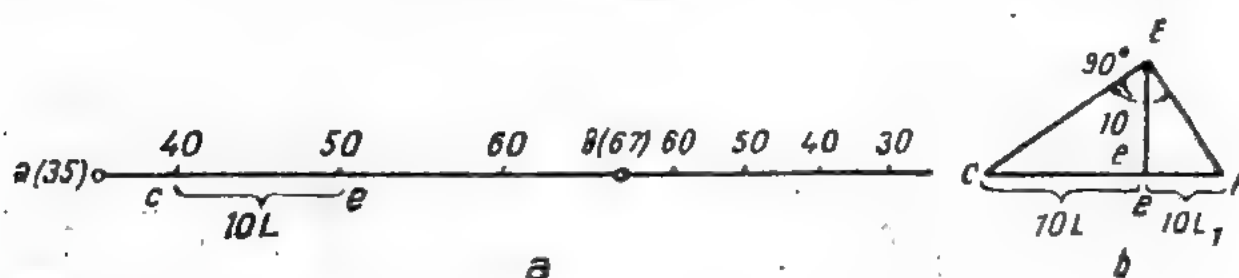


Fig. 13

Dreptele care se intersectează sunt perpendiculare și sunt cuprinse într'un plan proiectant. În rezolvarea problemelor de geometrie minieră se întâlnește adeseori cazul când două drepte perpendiculare se află în același plan proiectant.

Ținând seamă că distanța pe normală, dela un punct dat la o suprafață dată, este distanța cea mai scurtă, în anumite condiții se urmărește plasarea sondelor de explorare, perpendicular pe zăcământ. În acest caz, sonda și linia de înclinare a zăcământului sunt perpendiculare una pe alta și se află în același plan vertical de proiecție.

Fie, în fig. 13, a , dreapta dată prin punctele a (35) și b (67). Prin punctul b (67) trebuie să se ducă o dreaptă perpendiculară pe dreapta dată, cu condiția ca să se afle în același plan proiectant. În acest caz, cunoscând intervalul dreptei date, este ușor să se gradeze dreapta și să se determine intervalul L_1 al dreptei căutate. Din triunghiul dreptunghi cef (fig. 13, b), segmentul ce este egal cu $10L$, iar segmentul ef va fi egal cu $10L_1$. După aceasta, conform condițiilor problemei, prin punctul b (67) se duce dreapta căutăată, se gradează cu segmentul $10L_1$ (fig. 13, a) în partea dreaptă și se notează pe ea cotele respective. Acestea vor crește în ordine inversă față de dreapta ab .

4. PROIECȚIA PLANELOR

Poziția planului în spațiu se determină:

1. prin coordonatele a trei puncte din spațiu, necoliniare;
2. printr-o dreaptă și un punct, care nu se află pe această dreaptă;
3. prin coordonatele unui punct și prin două direcții, care trec prin acest punct;
4. prin două drepte paralele.

Corespunzător cu aceasta, și în proiecție planul este dat prin diverse metode.

Rezolvarea problemelor se reduce la reprezentarea planului în proiecții cotate și la determinarea elementelor de direcție și de înclinare. În fig. 14 este reprezentat planul P și planul de proiecție H .

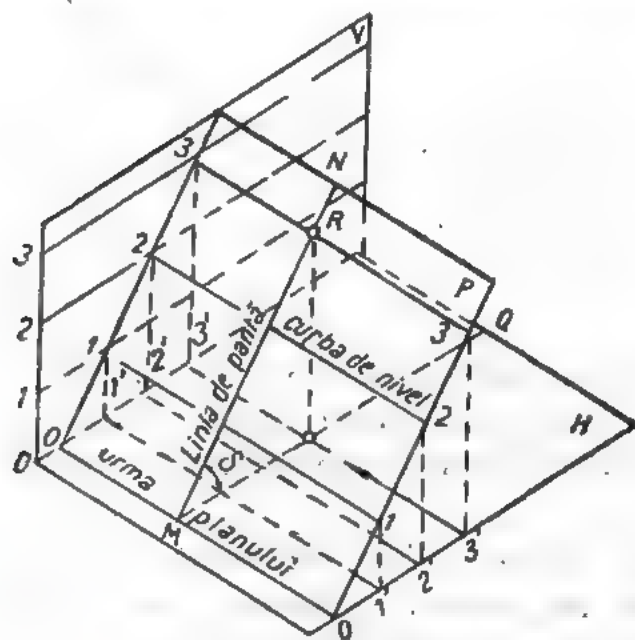


Fig. 14

Linia de intersecție a planului P cu planul de proiecție H se numește *urma planului* și se înseamnă cu Ph . Linia MN , care se află în planul P , perpendiculară pe Ph , se numește *linia de înclinare* a planului sau *linia de cea mai mare pantă*. Unghiul format de această linie cu planul orizontal de proiecție H se numește *unghiul de înclinare al planului*.

Dacă se va tăia planul P cu plane orizontale echidistante pe verticală, se va obține, în secțiune, drepte orizontale echidistante, numite *curbă de nivel* ale planului P .

În fig. 14 sunt reprezentate curbele de nivel 1-1, 2-2 și 3-3. După cum se observă ușor, ele sunt perpendiculare pe linia de cea mai mare pantă.

Reprezentarea planului P în proiecție cotate se obține proiectând curbele de nivel ale planului P pe planul H .

Dreptele paralele echidistante 1'-1', 2'-2', 3'-3', din planul H , sunt proiecțiile curbelor de nivel 1-1, 2-2, 3-3, din planul dat.

Proiecțiile curbelor de nivel cotate determină complet poziția planului în spațiu; deaceia, planul în proiecție este reprezentat, de obicei, prin curbe de nivel cotate.

Distanța dintre două curbe de nivel vecine depinde de unghiul de înclinare al planului și reprezintă intervalul liniei de cea mai

mare pantă a acestuia (linia de înclinare). Linia de cea mai mare pantă a planului, gradată, se numește *scara de înclinare*. Unghiul dintre direcția pozitivă a axei x și curba de nivel a planului (în sensul direcției ultimului), măsurat în sensul de rotire al acelor unui ceasornic (fig. 15), se numește *unghi de orientare*, care, în terminologia mai jos stabilită, se va numi *unghi de direcție* al planului. Cu același termen se va numi și unghiul format la fel între partea de Nord a meridianului și curba de nivel a planului. Sensul liniei de înclinare a planului se ia în jos, iar sensul direcției, la stânga sensului de înclinare.

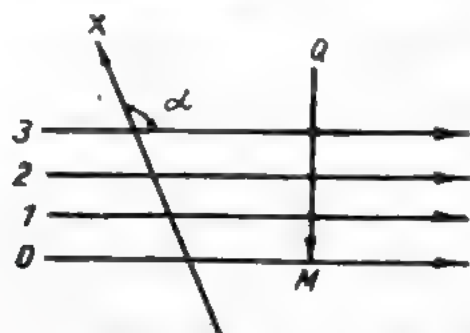


Fig. 15

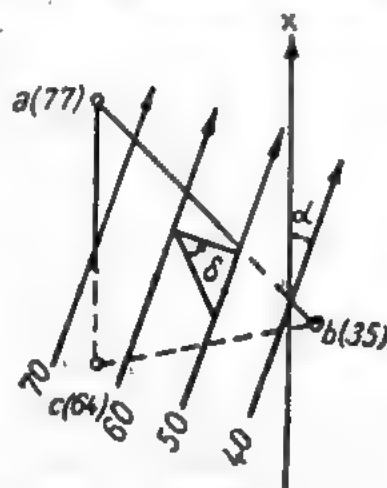


Fig. 16

Deaceea, dacă unghiul de direcție al planului se notează cu α , unghiul de direcție al proiecției va fi totdeauna egal cu $\alpha + 90^\circ$. Fig. 15 reprezintă, în proiecție cotată, planul P (fig. 14), după care nu este greu să se determine unghiul α , iar după mărimea intervalului, unghiul de cădere δ al planului.

Din cele expuse rezultă că proiecția planului pe desen poate fi reprezentată prin două curbe de nivel, sau prin proiecția gradată a liniei de înclinare (scara înclinării).

Problemele referitoare la reprezentarea planului în proiecție cotată și determinarea înclinării și a direcției lui se rezolvă în același mod, indiferent de caracterul datelor care determină planul dat. Planul fiind dat prin puncte, direcții sau combinații între ele, problema proiectării se reduce la următoarele operații: 1. reportarea pe desen a punctelor și a direcțiilor după datele problemei; 2. gradarea dreptelor sau a direcțiilor care unesc punctele date; 3. construirea curbelor de nivel ale planului, prin trasarea liniilor care unesc punctele de aceeași cotă; 4. determinarea unghiului de direcție α și a unghiului de înclinare δ al planului. În fig. 16 este reprezentată o suprafață și sunt determinate înclinarea și direcția, în funcție de coordonatele a trei puncte, date prin proiecție și cote. Unghiul de direcție α și unghiul de înclinare δ al planelor se măsoară, adeseori, cu rapor-

torul. Determinarea lor mai exactă se face cu ajutorul formulelor din geometria analitică.

Fig. 17 ilustrează reprezentarea proiecției și determinarea unghiurilor α și δ ale planului, după o dreaptă dată, prin punctele a (57) și b (14,5), și după un punct c (44), situat în afara ei.

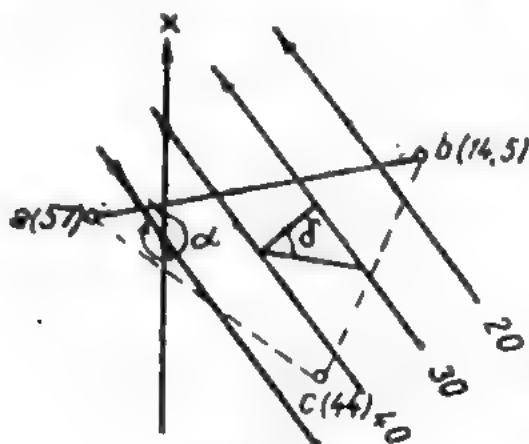


Fig. 17

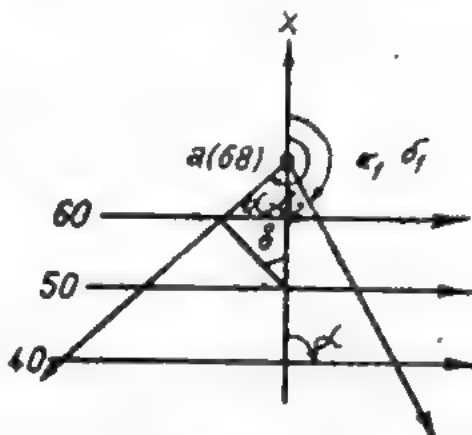


Fig. 18

Fig. 18 — idem, pentru cazul când planul este dat prin coordonatele unui punct și prin două direcții, care trec prin acest punct.

Fig. 19 — idem, dar pentru cazul când planul este dat prin două drepte paralele.

5. POZIȚIA RECIPROCĂ A PLANELOR

Planele în spațiu pot avea, unele față de altele, următoarele poziții caracteristice:

1. paralele între ele;
2. concurente.

Plane paralele. Fie planul P_1 , dat prin coordonatele unui punct $A(x_1, y_1, z_1)$, $z_1 = 50$, prin unghiul de direcție α_1 și prin unghiul de în-

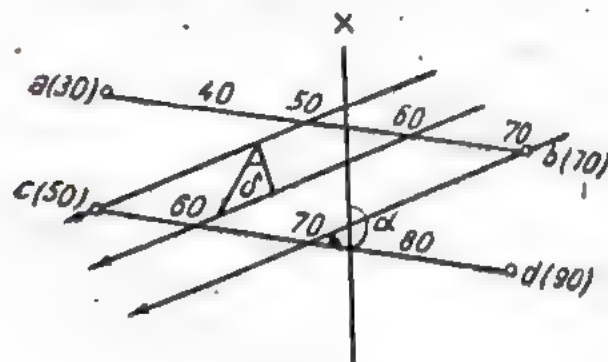


Fig. 19

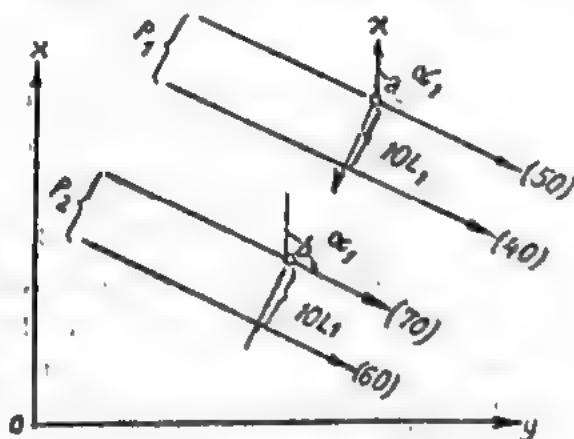


Fig. 20

clinare δ_1 . Să se reprezinte planul P_2 , paralel cu planul dat P_1 și care trece prin punctul dat $B(x_2y_2z_2)$, $z_2 = 70$. Din coordonatele date, se construiește proiecția punctului A . Prin aceasta se trasează o direcție de unghi α_1 (fig. 20). Aceasta va fi curba de nivel a planului P_1 cu cota $z_1 = 50$. Având unghiul de înclinare δ_1 al planului P_1 , se calculează mărimea intervalului L_1 și, folosind această mărime, se trasează a doua curbă de nivel, cu cota 40.

Astfel, planul P_1 este reprezentat în desen în planul de proiecția cotată. Conform condiției puse, planul P_2 , raportat la punctul $B(x_2y_2z_2)$, este paralel cu planul P_1 , adică direcția și unghiul lui de înclinare trebuie să fie aceleași ca și ale planului P_1 , și anume, egale cu α_1 și δ_1 . Deaceia, reprezentarea lui este identică cu cea precedentă. Prin coordonate se construiește proiecția punctului B și, prin el, se duce curba de nivel (direcția) a planului P_2 de azimut α_1 (fig. 20). Cunoșcând unghiul de înclinare δ_1 , se trasează a doua curbă de nivel a acestui plan. În ambele plane, după cum este reprezentat în fig. 20: 1. curbele de nivel sunt paralele, 2. intervalele sunt egale și 3. variația cotelor curbelor de nivel se face în aceeași sens.

Probleme de acest fel se pot întâlni la reprezentarea în desen a unei suite de strate așezate paralel.

Plane concurente. Ca și în cazul precedent, problema se reduce la reprezentarea planelor prin curbele lor de nivel și la construirea liniei lor de intersecție.

Se presupune că unghiurile de direcție și de înclinare ale planelor P_1 și P_2 , raportate la puncte determinate din spațiu, sunt cunoscute.

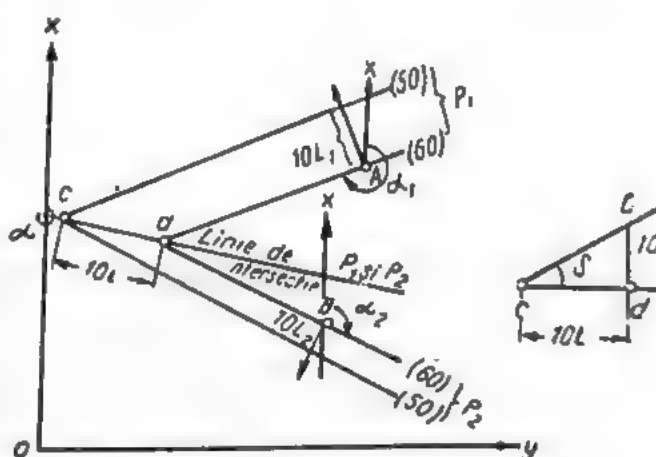


Fig. 21

Astfel, sunt date două plane P_1 și P_2 : planul $P_1 \dots A(x_1y_1z_1) \alpha_1 \delta_1$ și planul $P_2 \dots B(x_2y_2z_2) \alpha_2 \delta_2$. Să se reprezinte în proiecția cotată și să se determine linia lor de intersecție. Pentru a simplifica și ușura construcția, se va presupune $z_1 = z_2$ și o serie de curbe de nivel de valori multiple, cu care se reprezintă planele P_1 și P_2 . După datele problemei, se reprezintă planele P_1 și P_2 prin curbe de nivel. Linia de intersecție va aparține, în același timp, ambelor plane. Pentru ea să poată fi trasată în plan, este suficient să se găsească două puncte ale ei. Aceste puncte sunt, în fig. 21, punctele c și d . Ele se află la intersecția curbelor de nivel de aceeași cotă ale planelor P_1 și P_2 .

Punctul c este intersecția curbilor de nivel de cotă 50, iar punctul d este intersecția curbilor de nivel de cotă 60.

Dreapta care unește punctele c și d va fi proiecția liniei de intersecție a planelor P_1 și P_2 . Adeseori, este necesar să se cunoască elementele direcției și ale înclinării acestei drepte. Din fig. 21 rezultă că α este unghiul de direcție, iar unghiul δ , în triunghiul cDd , este unghiul de înclinare față de planul orizontal.

Metoda arătată de construcție a liniei de intersecție a planelor, este comodă, atunci când curbele de nivel de aceeași cotă se intersectează în limitele desenului. În cazul când curbele de nivel ale

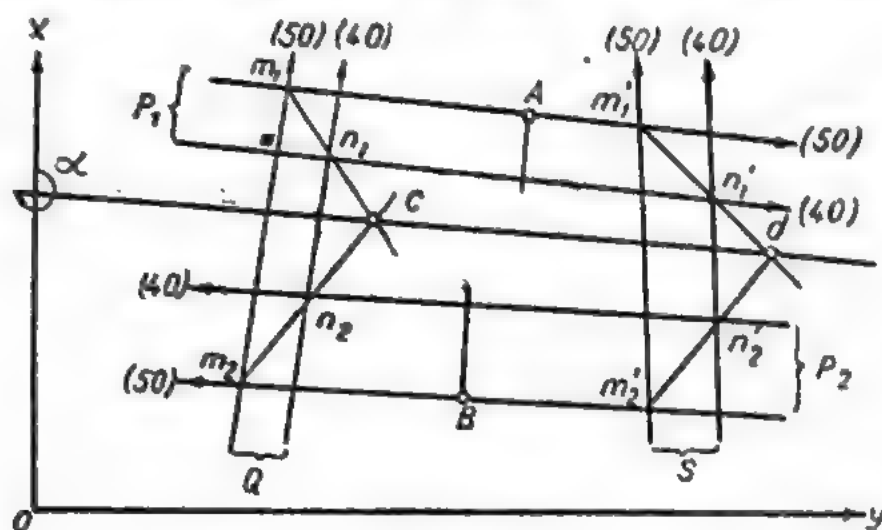


Fig. 22

planelor care se intersectează sunt paralele între ele, sau formează astfel de unghiuri, încât punctele lor de intersecție sunt în afara limitelor desenului, pentru determinarea liniei de intersecție se folosește metoda planelor auxiliare. Fie curbele de nivel ale sistemului de plane P_1 și P_2 , curbe de nivel a două plane care se intersectează, (fig. 22). Punctele de intersecție ale curbilor de nivel de aceeași cotă vor fi situate în afara desenului. În acest caz, pentru determinarea liniei de intersecție se intersectează planele P_1 și P_2 , care au poziții oarecare, cu un plan ajutător Q . Punctele m_1, n_1, m_2, n_2 sunt punctele de intersecție ale curbilor de nivel de aceeași cotă, din planele Q, P_1, P_2 , iar dreptele m_1n_1 și m_2n_2 sunt proiecțiile liniilor de intersecție ale acestor plane. Prelungirea dreptelor dă punctul c , care aparține, în același timp, celor trei plane și care se găsește pe linia de intersecție căutată a planelor P_1 și P_2 . Printr-o construcție analogă, cu ajutorul unui al doilea plan auxiliar S , se găsește al doilea punct d , de pe linia de intersecție a planelor P_1 și P_2 . Punctele c și d determină perfect poziția liniei de intersecție căutate, în spațiu, dacă vor fi cunoscute cotele lor. Aceste cote pot fi calculate cu ușurință, deoarece punctele c și d se află pe intersecția dreptelor, ale căror intervale sunt

cunoscute. Cota punctului c se obține folosind intervalele liniilor m_1c sau m_2c , iar cota punctului d se va determina cu ajutorul intervalelor de pe liniile m_1d sau m_2d . Pentru găsirea liniei de intersecție a planelor este suficient să se determine două puncte care se găsesc pe această linie. În cazul când curbele de nivel ale planelor care se intersectează, sunt paralele între ele, este ușor să se imagineze că linia de intersecție va fi paralelă cu ele și orizontală. În acest caz, pentru construirea proiecției liniei de intersecție este suficient să se găsească un punct de intersecție al planelor și, prin acest punct,

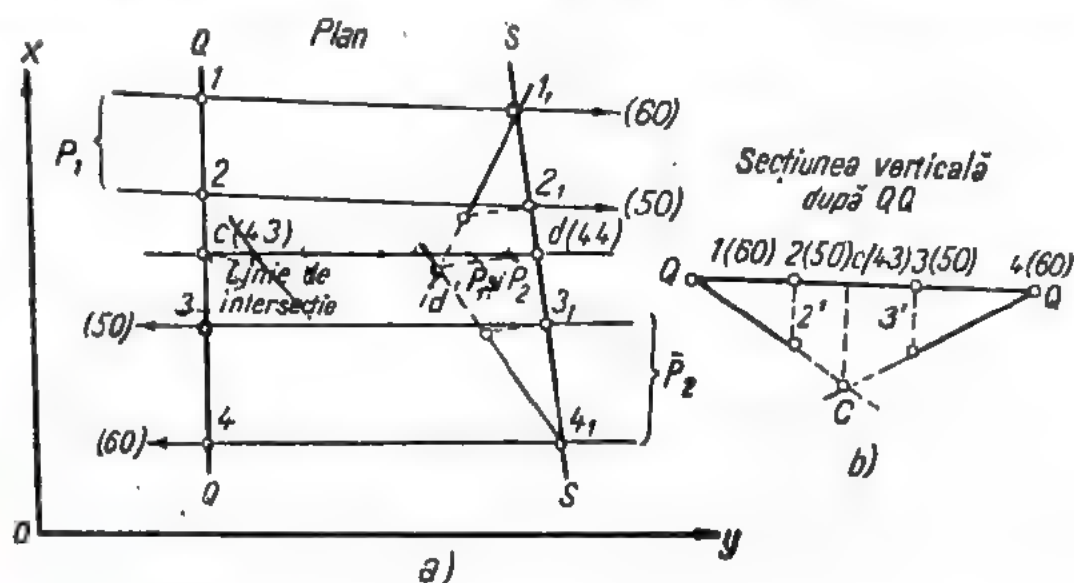


Fig. 23

să se ducă o dreaptă paralelă la curbele de nivel ale planelor date. Pentru determinarea liniei de intersecție a planelor, se folosesc, adeseori, planele ajutoare verticale, care vor fi reprezentate în desen, prin linii drepte. În acest caz, punctul căutat de pe linia de intersecție se va găsi în planul vertical, care se va suprapune prin rotire peste planul desenului. În cazul planelor ajutoare înclinate, toate construcțiile se fac în planul desenului. Pentru plane ajutoare verticale, este necesar să se suprapună construcțiile din secțiunea verticală, pe construcția din planul desenului.

Fie dreptele paralele ale sistemului de plane P_1 și P_2 , curbe de nivel ale planelor ce se intersectează (fig. 23). Se secționează după linia $Q Q$ planele P_1 și P_2 , cu planul vertical $Q Q$. Această secțiune este reprezentată în fig. 23 b. Punctul C se află pe linia de intersecție a planelor P_1 și P_2 , iar c este proiecția punctului C pe linia de secțiune $Q Q$. Punctul c găsit se va trece în desen (fig. 23, a); cota punctului se obține din secțiunea verticală $Q Q$ și este egală cu 60 minus valoarea Cc , adică 43. Pentru determinarea celui de al doilea punct d de pe linia de intersecție a planelor P_1 și P_2 , se secționează cu al doilea plan

auxiliar vertical S , după linia SS . Secțiunea obținută nu se trasează separat, ci se suprapune peste planul desenului, (fig. 23, a) prin rotire în jurul dreptei SS . În secțiune se află punctul de intersecție al planelor d' cu cota egală $60 - d'd = 44$. Punctul d pe linia SS este proiecția punctului d' . Prin punctele astfel determinate, c (43) și d (44), se duce dreapta de intersecție a planelor P_1 și P_2 . Direcția ei se măsoară în sensul micșorării cotelor, adică dela punctul d spre punctul c . Unghiul de înclinare față de planul orizontal δ se determină după metoda deja cunoscută, în funcție de lungimea proiecției dreptei cd și a diferenței cotelor punctelor c și d . Problemele de intersecții de plane se întâlnesc des în minierit și în explorările geologice. Astfel de probleme sunt: determinarea liniei de intersecție a flancurilor unei cute, determinarea liniei de intersecție a zăcămintului cu planul faliei, determinarea liniei de afloriment, etc.

6. DREAPTA ȘI PLANUL

Pentru geometria minieră, studiul pozițiilor unui plan față de o dreaptă prezintă importanță în următoarele cazuri:

1. dreapta intersectează planul, și
2. dreapta este conținută în plan.

Problemele geometrice legate de săparea lucrărilor miniere de explorare și deschidere determină probleme de intersecție a dreptei cu planul, iar problemele legate de săparea lucrărilor miniere de pregătire pot fi analizate geometric, ca problemele unei drepti conținute în plan.

Dreapta intersectează planul. În astfel de cazuri se dau planul și dreapta care străbate planul, iar valorile căutate sunt coordonatele punctului de intersecție al dreptei cu planul și lungimea dreptei dela punctul dat până la punctul de intersecție. S'a arătat mai sus că lucrările miniere de deschidere sunt îndreptate adeseori pe perpendiculară, adică pe drumul cel mai scurt.

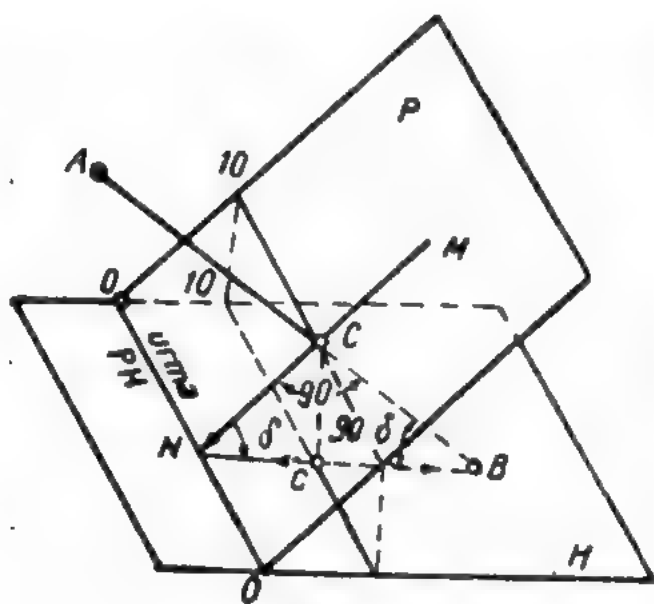


Fig. 24

În fig. 24 este reprezentată poziția în spațiu a planului P și a dreptei AB , perpendiculară pe plan. Dreapta intersectează planul P

în punctul C . Dreapta perpendiculară pe plan este perpendiculară pe linia lui de cea mai mare pantă MN și se va găsi, fie în același plan cu ea, fie într'un plan paralel de proiecție. Dacă δ este unghiul de înclinare al planului, înclinarea dreptei față de planul orizontal va fi egală cu $90^\circ - \delta$. Acesta se vede din triunghiul NCB . Astfel, în cazul analizat, proiecția liniei date va fi perpendiculară pe curbele de nivel ale planului P . Inclinările dreptei AB și liniei de cea mai mare pantă a planului P sunt valori inverse, iar cotele vor varia în diferite direcții. Fig. 24, în proiecții cotate, este reprezentată în fig. 25.

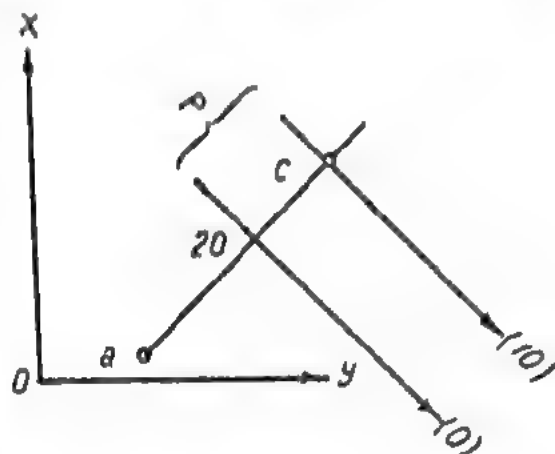


Fig. 25

Problemă. Se dă planul $P: A(x_1, y_1, z_1)$, α, δ . Din punctul $B(x_2, y_2, z_2)$ se duce o dreaptă perpendiculară pe planul P . Să se determine coordonatele punctului de intersecție al dreptei cu planul și distanța dela punct la plan.

Din datele problemei se reprezintă planul P prin curbe de nivel (fig. 26, a). Din punctul B se duce o dreaptă perpendiculară pe

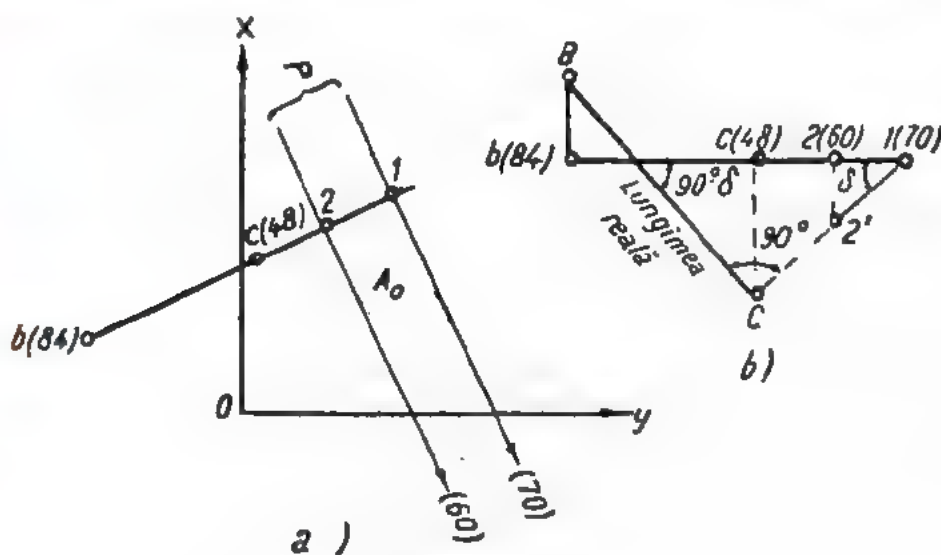


Fig. 26

curbele de nivel ale planului. Unghiul de înclinare al dreptei față de planul orizontal este de $90^\circ - \delta$. Punctul de intersecție se va găsi în același timp pe dreaptă și în plan. Pentru găsirea lui se va folosi metoda deja cunoscută, a planelor ajutătoare. Se va secționa cu un plan vertical, care trece prin dreapta dată. Secțiunea

va fi reprezentată separat (fig. 26, *b*). Se duce o linie orizontală și pe ea se ia un segment egal cu $b-1$. Cota de nivel a dreptei $b-1$ este 70. Punctul B se va reprezenta în secțiune deasupra dreptei arătate, cu 14 unități. Pentru a găsi punctul de intersecție al planului cu dreapta dată, se duce din punctul 1 o dreaptă, cu înclinarea δ a planului, iar din punctul B se trasează o a doua dreaptă cu înclinarea de $90^\circ - \delta$. Cele două drepte astfel trasate sunt perpendiculare între ele. Punctul C este punctul de intersecție căutat, iar punctul c este proiecția lui pe dreapta $b-1$. Cota sa este 48 și este egală cu 70, minus valoarea Cc . Luând în deschiderea compasului lungimea bc , se transpune punctul c (48) pe plan. Coordonatele sale x și y se determină ușor, grafic, din desen. Valoarea reală a lungimii dreptei dela punctul dat până la cel căutat se determină prin simpla măsurare a lungimii BC (fig. 26, *b*). În cazul mai general, când dreapta dată are o poziție oarecare față de plan, afară de coordonatele punctului, prin care trece dreapta, mai trebuie să se cunoască direcția și unghiul de înclinare al dreptei față de planul orizontal. Cu aceste date ale dreptei, problema se va rezolva în mod analog cu cea precedentă. Cu înclinarea și direcția date, se construiește planul prin curbele sale de nivel, raportat la un punct oarecare. Din punctul dat se construiește dreapta după direcția dată. Prin această dreaptă se duce un plan vertical, în care se va găsi punctul de intersecție al dreptei cu planul dat.

Dreapta este conținută în plan. Dreapta, fiind conținută în planul dat, poate avea orice direcție dela 0 până la 360° , iar unghiul de înclinare față de planul orizontal poate varia numai în limitele dela 0° până la δ , δ fiind unghiul de înclinare al planului.

În adevăr, dacă dreapta conținută în plan va fi paralelă cu curbele de nivel ale planului, ea va fi orizontală, iar în poziție paralelă cu linia de pantă a planului, ea va avea unghiul de înclinare față de planul orizontal egal cu înclinarea planului.

În toate celelalte cazuri de poziție a dreptei din plan, unghiul de înclinare al ei, față de planul orizontal va fi cuprins între limitele arătate. Întrucât dreptele în plan, în problemele de geometrie minieră, vor reprezenta axele lucrărilor miniere, se va ivi necesitatea de rezolvare geometrică a următoarelor probleme:

1. să se determine unghiul de înclinare față de planul orizontal al unei drepte conținute într'un plan dat, aceasta având unghiul de direcție α_0 ;

2. să se ducă într'un plan o dreaptă de înclinare dată.

Fie un plan P dat prin curbele sale de nivel (fig. 27, *a*) și punctul A în acest plan, prin care trece dreapta AB . Proiecția acestei drepte este linia ab . Să se determine unghiul de înclinare al dreptei AB . Se ia proiecția segmentului dreptei $1-a$ (fig. 27, *a*), cuprinsă între

curbele de nivel ale planului P (75) și (70). Cotele extremităților segmentului sunt egale cu ale curbelor de nivel corespunzătoare. Cunoșcând lungimea proiecției dreptei înclinată și diferența cotelor capetelor ei, se determină unghiul de înclinare față de planul orizontal, așa cum este reprezentat în fig. 27, *b*. Din punctul a al segmentului 1— a (fig. 27, *b*) se ridică perpendiculara aa_1 , egală cu diferența cotelor punctelor a și 1, și prin capetele catetelor 1 și a_1 , se duce ipotenuza. Unghiul obținut $\delta_0 = \alpha_1$ este cel căutat.

Problema inversă. Prin punctul a , în planul P , se duce o dreaptă cu unghiul de înclinare δ_0 față de planul orizontal (sau cu înclinarea $i = \tan \delta_0$). Fie, ca și mai sus,

planul P , reprezentat prin curbele sale de nivel (fig. 28, *a*); δ_0 este dat în grade și reprezentat în fig. 28, *b*. Deoarece diferența cotelor a două curbe de nivel vecine este egală în fig. 28, *a* cu cinci unități,

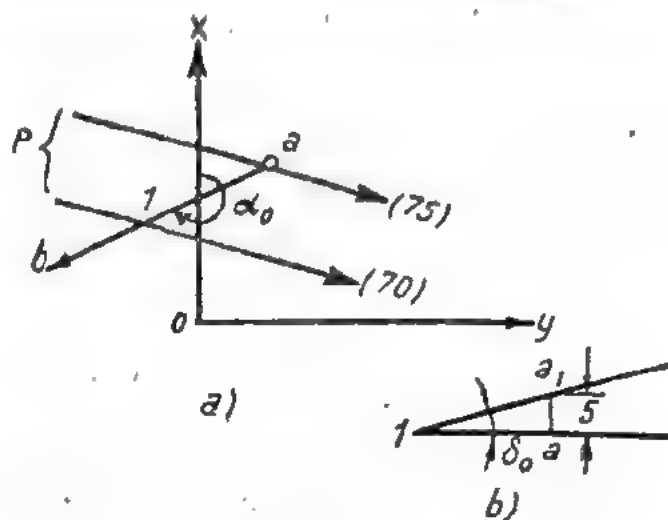


Fig. 27

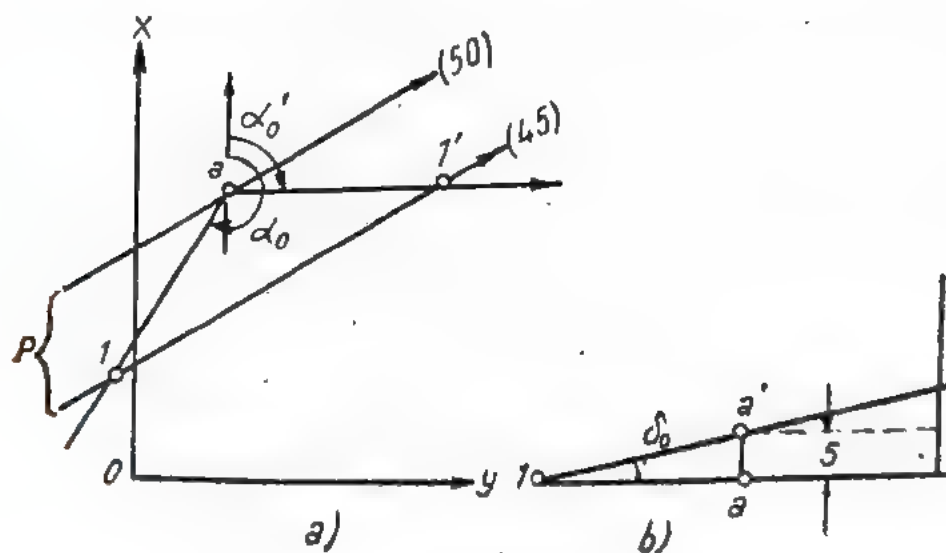


Fig. 28

se construiesc pentru unghiul δ_0 din fig. 28, *b*, cinci intervale. Acesta va fi segmentul 1— a , care are ca diferență între capete, cinci unități. Cu segmentul astfel obținut, ca rază din punctul a pe fig. 28, *a*, se intersectează curba de nivel vecină și se obține punctul 1, care se

unește cu punctul a . Dreapta obținută va fi direcția căutată în plan. Rămâne de determinat în desen unghiul de direcție α_0 . Nu este greu de văzut, că în planul cu unghiul de înclinare dat față de planul orizontal, va mai fi încă o direcție, și anume $a-1'$. Unghiul ei de direcție va fi α_0' . Astfel de probleme se întâlnesc des în practica minieră.

La proiectarea lucrării miniere în zăcământ pe o anumită direcție, se cere să se cunoască, dacă înclinarea acestei lucrări îndeplinește condițiile tehnice, și invers, la proiectarea lucrării miniere de o anumită înclinare, trebuie să se cunoască poziția ei în plan.

7. SUPRAPUNEREA PLANELOR

Pentru o serie de probleme trebuie să se obțină valorile reale ale mărimilor căutate (lungimea liniilor, mărimea unghiului, etc.). Dacă acestea au o poziție oarecare în spațiu, prin proiectarea lor pe un plan orizontal (planul desenului), forma și dimensiunile lor se deformează. Când toate elementele mărimilor căutate se cuprind într'un plan înclinat, pentru obținerea valorilor lor reale în desen, este destul să se suprapună acest plan înclinat peste planul de proiecție. Suprapunerea se face prin rotirea planului, care cuprinde toate datele căutate, în jurul unei curbe de nivel a planului. Luând un punct oarecare din acest plan înclinat, se poate observa ușor că, la rotirea planului în jurul curbei lui de nivel, până la poziția paralelă cu planul de proiecție, proiecția punctului se va deplasa pe plan pe o direcție perpendiculară pe această curbă de nivel, adică pe linia de pantă a planului. Mărimea acestei deplasări, în sensul arătat, va fi egală cu diferența lungimilor liniilor de pantă ale planului și ale proiecției sale. Noua poziție a punctului în desen, după suprapunerea lui cu planul înclinat, se numește poziția suprapusă a punctului. Pentru ilustrare se ia planul înclinat P și pe el, punctul M . În desen, P va fi reprezentat prin curbele sale de nivel, iar punctul M , prin proiecția sa m (11,5) (fig. 29). Să se determine pe plan poziția suprapusă a punctului dat.

Se va face rotirea planului P în jurul curbei de nivel de cota δ . După rotire, punctele de pe această curbă de nivel vor rămâne pe loc. Toate celelalte puncte ale planului se vor deplasa în lungul liniilor de înclinare ale planului, cu o mărime oarecare. Prin punctul m (11,5) se va duce linia pe pantă ma a planului, în lungul căreia se va deplasa punctul dat, la suprapunerea planului P cu planul de proiecție.

Din desen rezultă că ma este proiecția liniei de înclinare Ma , mm_0 este egală cu diferența dintre cotele punctelor a și m , iar am_0 este

lungimea reală a liniei de pantă. Când planul P se va suprapune pe planul de proiecție (sau vor fi paralele), Ma va fi reprezentată în desen fără deformații, iar punctul dat M va ocupa pe direcția liniei de pantă am , poziția m' . Pentru determinarea acestei mărimi se va lua din punctul a , pe linia de pantă, un segment egal cu am_0 . Punctul m' obținut este punctul căutat al poziției suprapuse a punctului M .

Aplicând metoda arătată, se poate determina ușor mărimea reală a distanței, pe perpendiculara dela punctul M la dreaptă.

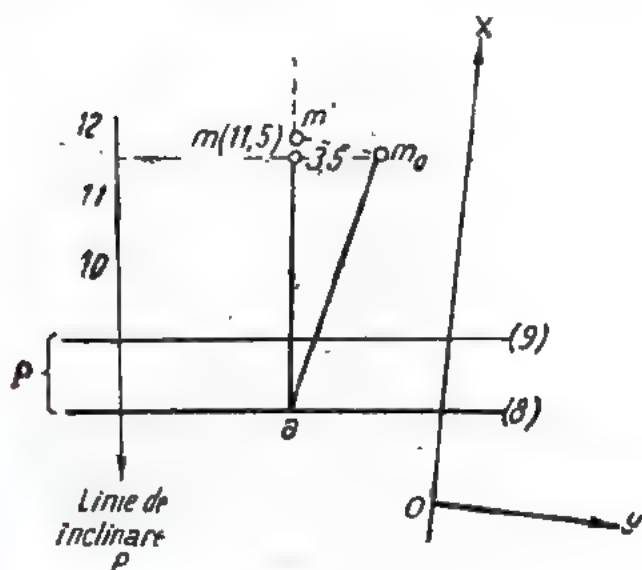


Fig. 29

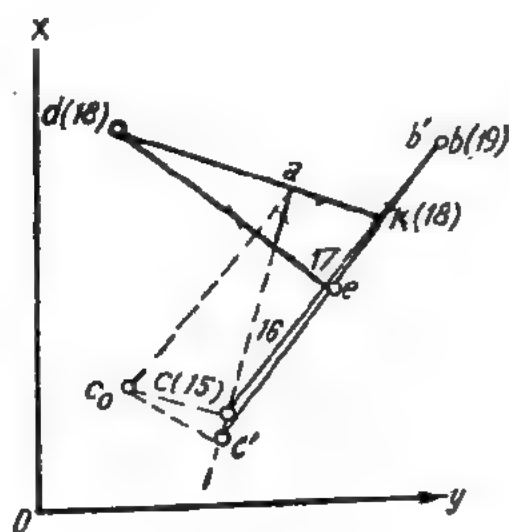


Fig. 30

Fie dreapta $b(19) c(15)$, reprezentată în fig. 30, care este proiecția segmentului BC , iar punctul $d(18)$ este proiecția unui punct oarecare D , situat în afara dreptei BC . Să se determine, pe normală, distanța dela punctul D la dreapta BC . Pentru aceasta, prin dreapta BC și punctul D , situat în afara dreptei, se duce un plan, în care linia $d(18) k(18)$ reprezintă proiecția curbei de nivel 18 (fig. 30), iar linia ac este proiecția liniei de pantă. Pentru determinarea, valorii reale a distanței pe normală dela punctul D la dreapta BC , se duce planul înclinat menționat, care este rotit în jurul curbei de nivel 18, până când devine paralel cu planul de proiecție. Prin rotație, punctul c se va deplasa pe direcția liniei de pantă ac și va ocupa poziția c' . Punctul c' se va determina ca în cazul precedent, luând din punctul a , pe linia de pantă, segmentul ac_0 , care este egal cu valoarea reală a lungimii liniei de pantă: $ac_0 = ac'$. În consecință, prin aducerea planului înclinat din spațiu în poziția paralelă cu planul de proiecție, punctele d și k vor rămâne fixe, fiind pe curba de nivel în jurul căreia s'a făcut rotirea, și, prin aceasta, distanța căutată de pe perpendiculara dusă dela punct

la dreaptă, va fi reprezentată în desen fără deformare. Măsurând segmentul *de* și înmulțindu-l cu scara desenului, se obține valoarea reală a distanței căutate.

O etapă necesară în rezolvarea multor probleme de suprapunere a planelor este determinarea mărimii reale a unghiului dintre două drepte, care se intersectează. Unghiul format de două drepte concurente va fi reprezentat fără deformare în desen, dacă aceste

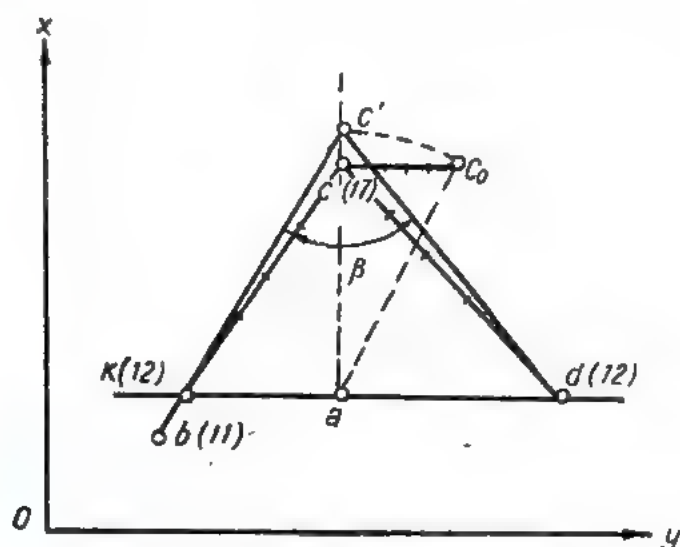


Fig. 31

drepte sunt conținute într'un plan paralel cu planul de proiecție. În toate celelalte cazuri, unghiul format de două linii drepte se deformează în proiecție.

Pentru determinarea valorii reale a unghiului se folosește metoda de suprapunere a planelor.

Fie în fig. 31, proiecțiile $b(11)$ $c(17)$ și $c(17)$ $d(12)$ a două drepte care se intersectează în punctul c . Se cere să se determine valoarea unghiului β , format de aceste drepte.

Pentru a rezolva problema, prin dreptele date se duce un plan. Dreapta k (12) d (12) este linia de direcție a acestui plan, iar dreapta ca , linia lui de cea mai mare pantă.

Se va roti planul în care se află dreptele care se intersectează, în jurul curbei de nivel k (12) d (12), până când este adus în poziția paralelă cu planul de proiecție. Prin aceasta, proiecția vârfului unghiului se va deplasa pe direcția liniei de pantă a planului și va ocupa poziția c' , iar punctele k (12) și d (12) vor rămâne pe loc. Unind punctul c' cu punctele k și d , se va obține în desen reprezentarea valorii reale a unghiului β .

În geometria minieră se întâlnește destul de des problema determinării valorii reale a unghiului dintre plane, de exemplu determinarea unghiului unei cute, determinarea unghiului format de un strat și o falie, etc. Pentru rezolvarea acestor probleme se folosește tot metoda suprapunerii planelor.

Fie P_1 și P_2 , două plane concurente, care trec prin punctele a și b . În fig. 32, aceste plane sunt reprezentate prin două sisteme de curbe de nivel cu cote identice, 80 și 70. Curbele de nivel de aceeași cotă, din planele P_1 și P_2 , dau punctele de intersecție c și d , care, prin

unirea lor cu o dreaptă și cu prelungirea ei, dau proiecția liniei de intersecție a planelor date.

Valoarea reală a unghiului dintre cele două plane se va găsi într-o secțiune normală pe linia lor de intersecție. Planul de secțiune normală Q este perpendicular, în spațiu, pe linia de intersecție a planelor P_1 și P_2 și, deaceia, curbele de nivel ale planului vor fi perpendiculare pe proiecțiile acestei linii. Înclinarea Q este orientată în sens invers față de direcția pantei liniei dc și este egală cu $90^\circ - \delta_0$, dacă δ_0 este unghiul de înclinare față de planul orizontal al liniei de intersecție. Cunoșcând pentru dc mărimea intervalului (L_1) din triunghiul $cd'e$, se determină ușor mărimea intervalului (L_2), pentru planul normal de secțiune Q . Aici, segmentul de este egal cu

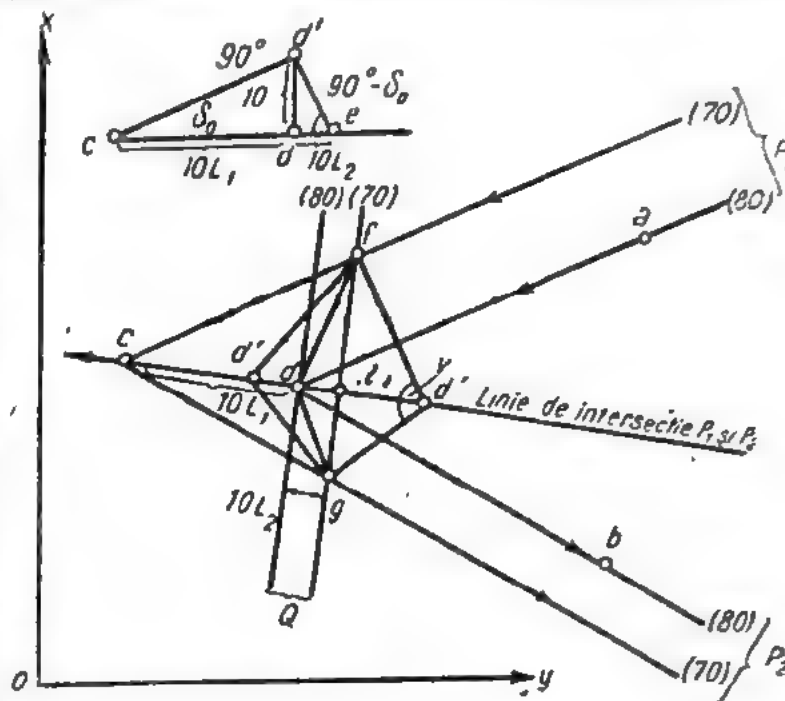


Fig. 32

$10 L_2$. Folosind mărimea $10 L_2$, se reprezintă planul Q prin curba de nivel de aceleași cote ca și ale planelor care se intersectează, referind planul Q la punctul d . Planul Q va intersecta planele P_1 și P_2 , după liniile df și dg , care, în secțiune normală, dau valoarea reală a unghiului dintre P_1 și P_2 . Intrucât secțiunea normală Q , în care este cuprins unghiul căutat, este înclinată, la reprezentare în desen acest unghi va fi deformat. Pentru a-l obține în desen în mărime reală, se aduce planul Q în poziție paralelă cu planul de proiecție. Rotirea lui se face în jurul curbei de nivel 70. Punctele f și g vor rămâne la rotire pe loc, iar proiecția vârfului unghiului (punctul d) va ocupa poziția d' . Unind punctul d' cu f și g , se obține unghiul real v dintre planele intersectate P_1 și P_2 . După cum se vede în desen, rotirea planului Q în jurul curbei de nivel se poate face spre dreapta sau spre stânga, în scopul obținerii unei construcții cât mai clare.

La determinarea valorilor unghiulare, adeseori poate fi întâlnită problema determinării mărimii reale a unghiului format de o dreaptă și un plan. Această problemă va fi analizată mai jos.

În fig. 33, *a* este redată reprezentarea în spațiu a planului P și a dreptei AB , care intersectează planul P în punctul B . Dacă din punctul A se coboară perpendiculara AA' pe planul P , atunci $\angle ABA' = \beta$, va fi unghiul căutat dintre dreapta și planul dat, deoarece segmentul $A'B$, prin construcție, este proiecția dreptei date AB , pe planul P . Unghiul β se calculează ușor, dacă se găsește valoarea unghiului $A'AB$, cuprins între dreapta dată AB și perpendiculara AA' ,

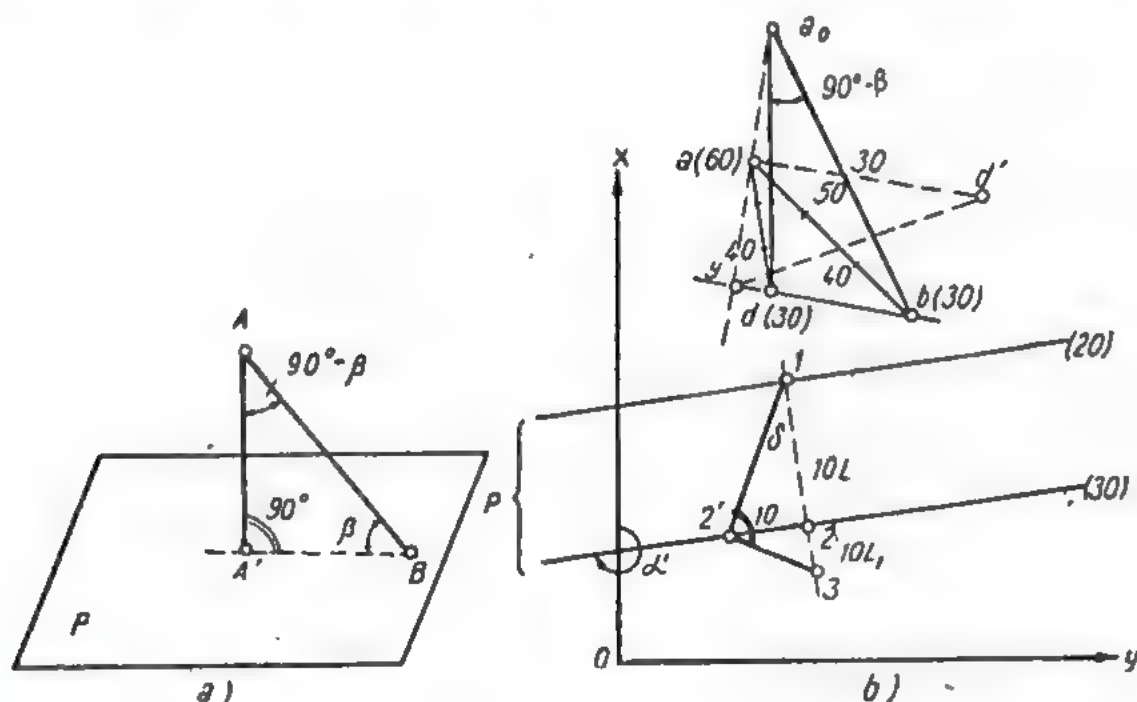


Fig. 33

coborâtă din punctul A pe planul P . Astfel, problema se reduce, în esență, la determinarea mărimii reale a unghiului dintre două drepte care se intersectează, prin metoda suprapunerii.

În fig. 33, *b* sunt reprezentate, în proiecția cotată, planul P , punctul C dat prin coordonate și elementele de înclinare și de direcție α și δ , cum și dreapta AB , dată prin coordonatele punctelor A și B . Ultima poate fi dată prin coordonatele unui punct A și prin elementele de direcție și de înclinare ale dreptei AB , adică unghiul de direcție și unghiul de înclinare.

Planul P este reprezentat după datele problemei, prin două curbe de nivel având cotele 30 și 20. Proiecția dreptei $a(60) b(30)$ este gradată prin zece intervale.

Din punctul $a(60)$ în fig. 33, *b* se duce o dreaptă ad , care este proiecția perpendicularei pe planul P . Folosind triunghiul dreptunghi 1'2'3', construit pe prelungirea dreptei ad și având înălțimea

$2' - 2 = 10$ unități, se găsește mărimea segmentului $2 - 3 = 10 L_1$. Cu acesta din urmă se gradează dreapta ad .

Astfel, se obțin în desen dreptele $a(60) b(30)$ și $a(60) d(30)$, care se intersectează în punctul a . După metoda arătată, se găsește poziția suprapusă a_0 a punctului a , prin rotirea planului care trece prin dreptele ab și ad , în jurul curbei de nivel de cotă 30.

Unghiul da_0b va da mărimea reală a unghiului format de dreapta dată AB și de perpendiculara pe planul P , dusă din punctul A . Unghiul arătat este egal cu $90^\circ - \beta$ de unde se găsește ușor, prin calcul, unghiul căutat β , format de dreapta AB și planul P .

8. DESPRE SUPRAFETELE TOPOGRAFICE

a) Considerații generale

Suprafață topografică se numește o suprafață de formă neregulată, care nu poate fi exprimată printr-o formulă matematică. O astfel de suprafață este scoarța pământului, modelată de agenții geologici și de forța gravitației și care are sub ea, în esență, rocele sfărâmate sub formă de aluviuni.

Suprafața topografică a pământului, în legătură cu explorarea și cu exploatarea zăcămintelor, apare ca unul dintre obiectele importante ale cercetărilor geometriei miniere. De aceea, i se va acorda o atenție deosebită.

Profesorul P. C. Sobolevski a dovedit posibilitatea și utilitatea caracterizării formei zăcămintelor, a condițiilor de așezare a lor și a însușirilor variabile ale zăcămintelor, prin suprafețe topografice, despre care se va vorbi mai pe larg în capitolul „Geometrizarea zăcămintelor de substanțe minerale utile“.

Trebuie amintit însă aici că, în cazul zăcămintelor, suprafața topografică este o suprafață de corpuri ascunse (invizibile), sau o suprafață convențională (la caracterizarea însușirilor variabile ale zăcămintelor), pe când suprafața topografică a scoarței pământului este o suprafață vizibilă. Este evidentă și diferența în condițiile de formare a acestor suprafețe.

În capitolul de față se expune caracteristica generală a suprafețelor topografice și analiza suprafeței topografice a pământului. Suprafața topografică, în sensul matematic, are proprietăți determinate, care au fost remarcate de profesorul P. C. Sobolevski.

Suprafața topografică este străpunsă de verticala locului sau de normala la planul de proiecție, numai într'un singur punct.

Dacă suprafața topografică se exprimă prin funcția

$$z = f(x, y), \quad (1.2)$$

această funcție satisface următoarele patru condiții:

1. Condiția de sens finit, și anume, pentru orice punct al suprafeței topografice, z va fi finit, adică valoarea lui z nu poate fi infinit de mare, pozitivă sau negativă.

2. Condiția de valoare unică, și anume, pentru coordonate date x și y , a treia coordonată nu poate avea decât o singură valoare. Aceasta rezultă din proprietatea fundamentală a suprafeței topografice.

3. Condiția de continuitate, și anume, la o deplasare infinit de mică a punctului în planul orizontal (creșterii infinit mici a coordonatelor x și y) îi corespunde o creștere infinit mică a funcției (coordonata z).

4. Condiția variației lente, și anume, curbele diferitelor secțiuni plane ale suprafeței (curbele de nivel, liniile de profil) au o variație lentă și o curbura care variază în mod treptat.

Gradul de variație lentă al funcției determină cuantumul necesităților de observații.

Dacă totalitatea rezultatelor observațiilor dă posibilitatea construirii, într'un interval sau altul, a unei curbe continue, reprezentând funcția cercetată, atunci se poate considera că observațiile sunt suficiente.

Suprafața topografică nu poate fi reprezentată în mod evident, adică nu poate fi exprimată printr'o formulă matematică. Deaceia, rămâne ca mod unic de caracterizare a funcției, reprezentarea ei grafică, după o serie de valori particulare ale ei. Dintre toate metodele de reprezentare a suprafeței topografice, cea mai folosită este metoda curbelor de nivel, în proiecții cotate. Această metodă dă o reprezentare simplă, sugestivă și precisă a suprafeței topografice.

b) Elementele de structură ale suprafeței topografice a terenului

În urma formării reliefului suprafeței pământului, sub acțiunea gravitației particulelor solide și lichide, apar, în mod treptat, prin dislocarea terenului, linii deosebite structurale ale reliefului sub formă de văi, de creste și de linii de cumpănă ale apelor, care, în totalitatea lor, se numesc *elemente de structură ale suprafeței topografice*. Ele sunt linii de inflexiune a terenului, care, în plan, unesc punctele de inflexiune ale curbelor de nivel. Liniile de inflexiune ale suprafețelor convexe sunt numite pozitive, iar ale suprafețelor concave, negative. Astfel, aceste linii se mai numesc și *invarianți* ai suprafeței

topografice. În fig. 34 sunt trasați, cu linii pline, invariantii pozitivi, și cu linii punctate, invariantii negativi. În scheme de structură se trasează, de obicei, liniile pozitive în culoare roșie, iar liniile negative, în culoare verde.

Ambele sisteme de linii de invarianti se completează cu *platourile* invariantilor orizontali, în locurile unde invariantii de nivel se unesc. Aici sunt cuprinse platourile din reliefurile de șes.

Invariantilor orizontali de platou la limită, le aparțin și unele puncte speciale ca: vârfurile înălțimilor și punctele de cea mai mare adâncime, în depresiuni și în pânii. Inflexiunile de teren se exprimă nu numai prin sinuozitatea curbelor de nivel, ci și prin distanța dintre ele. Aceasta are loc la reprezentarea unor elemente de relief ca: terase, poalele versanților și ale marginilor văilor. Elementele reliefului se pot caracteriza cu mai multă precizie, cu ajutorul liniilor de profil.

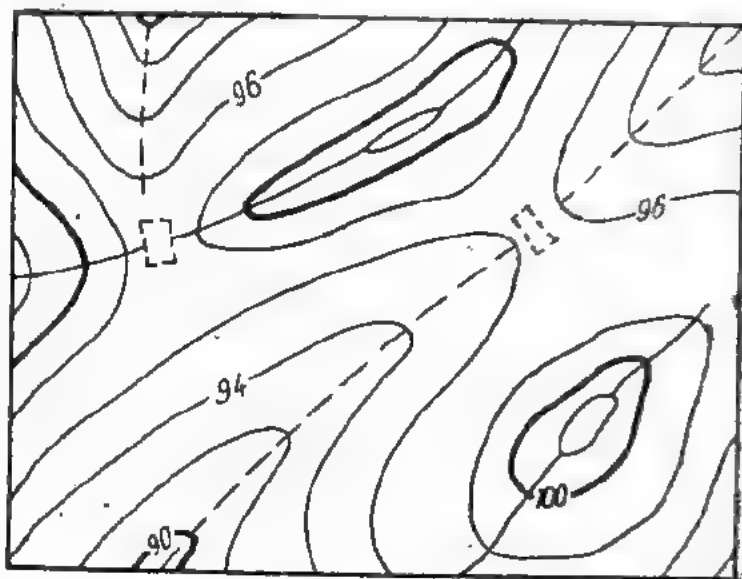


Fig. 34

Elementele de structură (invariantii) arătate mai sus sunt de o importanță deosebită în ridicarea și reprezentarea suprafețelor de teren. Dealungul lor se determină, de obicei, înălțimile în punctele de inflexiune. Pentru trasarea curbelor de nivel ale unei suprafețe topografice nu sunt suficiente numai liniile și punctele de inflexiune. În funcție de curbura curbelor de nivel, este necesar și un număr determinat de linii de pantă (nu este obligator să fie liniile de cea mai mare pantă), cu punctele de altitudine plasate pe ele, corespunzător profilului.

Prin sistemul invariantilor și al liniilor de pantă, suprafața topografică se împarte, la o ridicare topografică, într-o serie de poligoane ale unui poliedru înscris, ale cărui laturi și vârfuri formează scheletul suprafeței. Acest schelet trebuie să fie dat mai apropiat de suprafața topografică propriu zisă. Gradul de asemănare depinde de scara ridicării și, deci, de planul și de înălțimea h dintre curbele de nivel, cum și de caracterul reliefului. Numărul suficient de puncte ridicate se verifică pe calea luării înălțimilor de control, într-o serie de puncte, ale suprafeței ridicate. Conform normelor, se admite

o deviere în înălțime, între punctul de control obținut după ridicare și după desen, cu curbe de nivel până la $1/3-1/4$ din echi-distanța folosită.

Elementele de structură ale unei suprafețe topografice sunt strâns legate de formele sau elementele de relief.

c) Formele fundamentale ale reliefului

Neregularitățile scoarței terestere au forme foarte variate. Pentru reprezentarea corectă a scheletului suprafeței topografice terestere, are mare însemnătate studiul formelor reliefului. Ca să se înțeleagă mai bine relieful și ca să fie reprezentat corect, este necesar să se imagineze clar condițiile lui de formare, adică, la studiul reliefului, trebuie să se țină seamă de cauzele care au condiționat apariția deosebirilor observate.

După forma reliefului, pe suprafața pământului se evidențiază (22): șesuri, câmpii, dealuri, munți, trepte, creste, denivelări, văi, chei, depresiuni, etc.

Șesul este o suprafață lipsită de ridicături sau adâncituri vizibile. Șesul care coboară uniform dela o înălțime oarecare, astfel încât panta abia se observă, se numește *câmpie*.

Dealul este o ridicătură de teren nu prea înaltă, cu vârful de obicei rotunjit.

Muntele este o înălțare a suprafeței terestre, de formă conică sau în formă de cupolă, cu întindere limitată, ridicându-se izolat față de terenul de câmpie înconjurător. La orice munte se deosebesc: vârful, adică partea cea mai ridicată, care se termină fie printr-o platformă (platou) aproape orizontală, fie printr'un vârf ascuțit; coastele sau versanții, care pornesc din vârf în toate direcțiile și poala, care este baza ridicăturii, unde se termină pantele și terenul trece în șesul înconjurător. Un munte tipic va fi un vulcan izolat sau sopca (în limbajul siberian).

Ridicătura mărginită de poală numai într'o singură parte se numește treaptă. Între munți se evidențiază culmi separate, lanțuri, coame și creste.

Coama este o ridicătură de teren dezvoltată într'o singură direcție. În secțiune transversală, coama seamănă cu muntele cu doi versanți, mai mult sau mai puțin abrupti. În secțiune longitudinală, coama prezintă o curbă ondulată, care se coboară într'o parte sau în ambele părți. Astfel, la o coamă se deosebesc doi versanți și o linie de creastă sau *cumpănă a apelor*, care trece pe vârful ei și care leagă punctele cele mai înalte ale profilului ei transversal. Părțile denivelate ale liniei de creastă se numesc pasuri.

Din coama principală se desprind, adeseori, coame laterale de dimensiuni mai mici, care coboară spre șesul înconjurător și care se numesc coame secundare. Un platou aproape orizontal de pe versantul unei creste sau al unui munte se numește terasă sau treaptă. Dela terasă, într-o parte pornește coborișul, iar în partea opusă, urcușul. Linia de schimbare a pantei se numește inflexiune.

Depresiunea este o adâncitură în formă de cupă, o parte concavă a suprafeței terestere, adică o denivelare contrară muntelui. Depresiunea se caracterizează prin: partea cea mai joasă, care reprezintă o platformă aproape orizontală, mai mult sau mai puțin însemnată; flancurile sau coastele laterale, care diverg din fundul depresiunii în toate părțile; linia flancurilor, unde depresiunea trece în șesul înconjurător. O depresiune mică se numește adâncitură sau groapă.

Spre deosebire de creastă, *denivelarea* este o adâncitură inversă creștelor muntoase; ea are o dezvoltare întinsă, pe o singură direcție. În secțiune transversală, denivelarea seamănă cu o cădere, formând două flancuri sau coaste; în secțiune longitudinală, ea se prezintă mai mult sau mai puțin ca o curbă înclinată, cu o cădere spre gura denivelării. La o denivelare se deosebesc: două flancuri și un talveg sau linia de scurgere a apelor, dealungul căreia merge patul pârâului sau al râului.

O denivelare mare și largă, cu flancurile întinse și cu o cădere mică a curentului de apă, se numește vale.

Denivelarea îngustă, cu flancurile abrupte și cu panta mare a liniei de scurgere a apelor, se numește defileu sau pas, în cazul când întretaie o creastă și o râpă, care se află pe șes sau pe coasta unei deal.

O mică denivelare cu flancurile aproape verticale se numește cheie sau viroagă.

d) Variația lentă a suprafeței topografice și gradul ei de descompunere prin punctele de ridicare (cercetare)

Pentru a reprezenta în plan o suprafață topografică, este nevoie de un număr determinat de puncte ale acesteia, care se numesc puncte de ridicare sau, mai general, puncte de cercetare.

Cu cât se iau mai multe puncte, pe suprafață (în locurile ei caracteristice) și, prin urmare, cu cât distanța dintre curbele de nivel trasate este mai mică, cu atât suprafața topografică este reprezentată mai precis.

Pentru a elimina nedeterminarea porțiunilor suprafeței topografice, care se află între curbele de nivel, se consideră aceste părți de teren ca având o variație lentă, o înclinare uniformă, iar în profil, ca neavând linii frânte.

Suprafața cuprinsă între două curbe de nivel vecine este, propriu zis, o suprafață curbă. Deaceia, orice linie dusă pe această suprafață este o linie curbă. Totuși, în anumite condiții, se pot lua porțiuni din această curbă, considerându-le ca segmente drepte. Cu cât aceste segmente de drepte vor fi mai scurte, cu atât ele vor putea fi mai ușor asimilate cu o linie dreaptă. Această observație servește ca bază pentru înlocuirea liniilor curbe, care unesc punctele așezate pe curbele

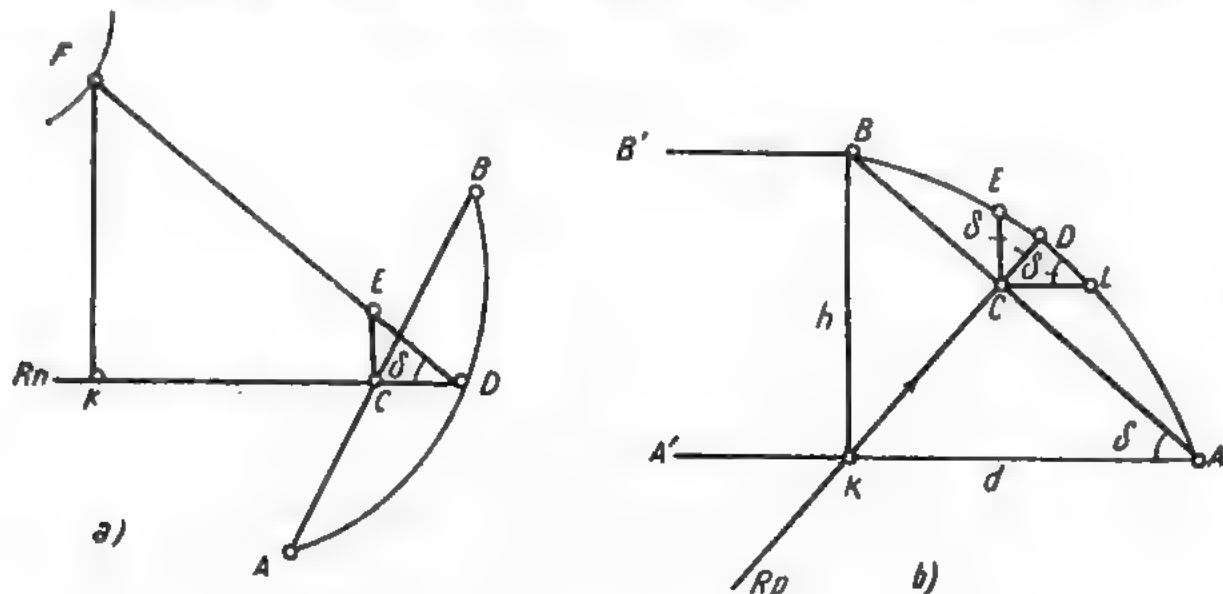


Fig. 35

de nivel ale unei suprafețe topografice, prin linii drepte, în cazul când lungimea segmentelor este destul de mică, astfel încât eroarea de înlocuire să corespundă preciziei cerute.

Prof. N. G. Kell a propus (22) o metodă de apreciere a variației lente pentru suprafața topografică și a descompunerii ei prin puncte de ridicare, care să asigure precizia cerută la reprezentarea acestei suprafețe. Principiul metodei constă în următoarele.

La ridicarea suprafeței topografice, ultima se descompune prin puncte de ridicare așezate pe direcție (în lungul curbelor de nivel — descompunere orizontală) și pe înclinare (descompunere verticală). Punctele pe direcție caracterizează forma curbelor de nivel, iar punctele pe înclinare oglindesc forma profilului.

Orice punct de ridicare trebuie să îndeplinească ambele funcțiuni. Pentru determinarea densității necesare a punctelor de ridicare pe diferitele direcții, trebuie să se stabilească raportul dintre distanța care există între punctele de ridicat și precizia de reprezentare a suprafeței topografice, după cele două direcții caracteristice, — pe direcție și pe înclinarea suprafeței. Pentru aceasta, se calculează întâi valoarea erorii, care se face în ce privește cota punctului, în urma înlocuirii curbei prin coardă, atât pentru curbele de nivel, cât și pentru liniile de profil ale suprafeței. Se micșorează, apoi, această eroare,

prin folosirea curbării segmentelor vecine și a proprietății de variație lentă.

În fig. 35, *a*, punctele *A* și *B* ale descompunerii orizontale determină un sector al unei curbe oarecare de nivel, a cărei coardă este dreapta *AB*. Punctul *P* se găsește pe o curbă de nivel vecină, în planul secțiunii de profil *DFK*. Aici, *PK* este echidistanța *h* a curbelor de nivel. Dreapta *KD* este valoarea proiecției *d*. Se presupune că punctul *E* are cota egală cu a punctului *C*, adică cota curbei de nivel *AB*, cu toate că, în realitate, o depășește cu o valoare $CE = \Delta H$

$$\Delta H = CE = \overline{CD} \operatorname{tg} \delta = p \operatorname{tg} \delta,$$

în care: *p* este săgeata la mijloc între coardă și curba de nivel;
 δ — unghiul de înclinare (pantă) al suprafeței.

În baza teoremei de egalitate a produselor segmentelor de coarde, care se intersectează în interiorul cercului, rezultă aproximația

$$\frac{l}{2} \cdot \frac{l}{2} = (2R_n - p)p \approx 2R_n p \text{ sau } p = \frac{l^2}{8R_n},$$

în care: $l = \overline{AB}$, R_n este raza de curbura a arcului curbei de nivel *ADB*

Prin urmare,

$$\Delta H = \frac{l^2}{8R_n} \operatorname{tg} \delta. \quad (1.3)$$

În fig. 35, *b* este reprezentată secțiunea verticală (în profil) *BDA* a unei suprafețe, prin proiecțiile *BB'* și *AA'* a două curbe de nivel vecine, cu echidistanța *hd* între ele.

Punctele *A* și *B* ale curbei profilului se unesc prin coarda \overline{AB} . Înlocuind curba *AB* prin coarda ei, cota punctului situat la mijloc, între punctele *A* și *B*, este egală cu cota punctului *C*. În realitate, acest punct mediu are cota punctului *E*. Astfel, eroarea ΔH a cotei este egală cu segmentul \overline{CE} . Se exprimă acest segment prin mărimi accesibile determinării:

$$\Delta H = \frac{\overline{CD}}{\cos \delta} = \frac{\overline{AB}^2}{8R_p \cos \delta},$$

dar \overline{AB} , la rândul său, este egal cu $\frac{h}{\sin \delta}$ sau $\frac{d}{\cos \delta}$ de unde:

$$\Delta H = \frac{h^2}{8R_p \cos \delta \sin^2 \delta} = \frac{d^2}{8R_p \cos^3 \delta}, \quad (1.4)$$

în care: R_p este raza de curbura a arcului de profil *ADB*;

h — echidistanța curbelor de nivel;

d — proiecția;

δ — unghiul de pantă al suprafeței.

Din formulele (1.3) și (1.4) se poate obține expresia pentru distanța l dintre două puncte vecine de ridicare, situate pe curbe de nivel vecine (descompunere orizontală), valoarea echidistanței h , a secțiunii curbelor de nivel sau a proiecției d (descompunere verticală), în funcție de mărimea erorii admisibile ΔH , a înălțimii unghiului de înclinare δ și a razelor de curbură ale curbelor de nivel și profilelor, și anume:

$$l = 2,83 \sqrt{\Delta H R_n \operatorname{ctg} \delta}; \quad (1.5)$$

$$h = 2,83 \sin \delta \sqrt{\Delta H R_p \cos \delta}; \quad (1.6)$$

$$d = 2,83 \cos^{3/2} \delta \sqrt{\Delta H R_p}. \quad (1.7)$$

Din ultimele formule rezultă că, odată cu creșterea razelor de curbură, se poate admite și creșterea lui h , l și d .

Creșterea unghiului de înclinare δ al suprafeței aduce, implicit, descreșterea lui l și d , cum și mărirea lui h . Însă valoarea lui h crește odată cu δ , până la o anumită valoare a lui δ , și anume până la $54^\circ, 7$, la care valoarea produsului $\sin \delta \sqrt{\cos \delta}$ atinge un maximum. Este necesar să se menționeze că unghiurile de înclinare ale suprafeței topografice a terenului, măsurate practic, afară de excepții rare, se cuprind în intervalul $0^\circ - 55^\circ$.

Este interesant să se urmărească raportul distanței dintre punctele de ridicare de pe curba de nivel, față de distanța dintre ele după înclinarea suprafeței, în anumite condiții, de exemplu $R_n = R_p$.

Cele arătate sunt ilustrate în următoarea tabelă:

δ	2°	5°	10°	15°	20°	30°	40°	50°
$\frac{l}{d}$	5,5	3,4	2,4	2,0	1,8	1,6	1,6	1,8

Din această tabelă rezultă că, în general, distanțele dintre punctele de ridicare și direcție trebuie să fie mai mari, decât cele pe înclinare.

Pentru determinarea valorilor l , h și d , după cum rezultă din expresiile (1.5), (1.6) și (1.7) este necesar să se cunoască razele de curbură ale curbelor de nivel și ale curbelor de profil. Ele se calculează pe baza celor trei puncte ale acestor curbe. Pentru aceasta se duce, prin cele trei puncte date, o curbă cu rază mare (arcul cercului tangent) și se măsoară la mijloc săgeata p , între coarda care unește punctele extreme și arc. Se află apoi raza R , din expresia:

$$R = \frac{l^2}{8p}, \quad (1.8)$$

în care p este săgeata, iar l — lungimea coardei dintre punctele extreme ale arcului. Raza de curbura a curbei de profil se poate determina și prin deviația Δd , media dintre trei curbe de nivel vecine.

Se trasează, în fig. 35, b , curba de nivel mijlocie CL (proiecția planului ei). În acest caz, CL va fi egală cu deviația arătată Δd . Săgeata $p = \overline{CD}$ va fi egală cu $CL \sin \delta = \Delta d \sin \delta$. În aceste condiții, coarda $l = \overline{AB}$ va fi egală cu $2h/\sin \delta$, unde h este distanța pe verticală dintre curbele de nivel CL și AA' sau CL și BB' . De aici, după formula (1.8), se obține:

$$R_p = \frac{h^2}{2\Delta d \cdot \sin^3 \delta} \quad (1.9)$$

În urma variației lente a curbelor de nivel și a curbelor de profil, punctele vecine de ridicare pot fi unite nu prin coardă, ci printr-o curbă oarecare, corespunzând cu sectoarele adiacente ale curbei. În acest caz, săgeata $p = \overline{CD}$ în fig. 35, a și 35, b va tinde către zero, eroarea ΔH se va micșora, iar distanțele l , d și h vor putea fi mărite.

În timpul lucrului pe teren, având în față suprafața topografică, un operator topograf cu rutină, apreciind bine, din ochi curbura, observând just toate punctele de inflexiune și înțelegând relieful, poate să se limiteze la un număr minim de puncte de ridicare (cote). La un relief ascuns, sau pentru o suprafață topografică convențională (la caracteristica însușirilor variabile ale zăcămintului), este necesar ca desimea punctelor de ridicat să fie stabilită, începând cu o rețea rară a acestor puncte. Această rețea trebuie să indice numai punctele de variație bruscă a reliefului, apoi rețeaua se supune unei îndesiri ulterioare cu puncte de detaliu, despre care se va vorbi mai amănunțit în Cap. „Geometrizarea zăcămintelor de substanțe minerale utile”.

Fixarea variației lente a suprafeței studiate permite micșorarea descompunerii ei prin puncte de ridicat și secțiuni.

Reprezentarea suprafeței topografice prin curbe de nivel permite să se rezolve un mare număr de probleme, care apar des în practică. Dintre acestea, cele mai caracteristice sunt următoarele:

1. determinarea cotei unui punct oarecare al suprafeței;
2. determinarea unghiului de înclinare al suprafeței, după o direcție oarecare;
3. determinarea unghiului de pantă al suprafeței într'un punct dat;
4. trasarea între două puncte a unei linii frântă cu pantă dată;
5. construirea profilului suprafeței, după o direcție dată (linii);
6. determinarea punctului de intersecție al unei drepte date cu suprafața;
7. construirea liniei de intersecție dintre un plan dat cu o suprafață topografică;
8. construirea limitelor (marginilor) unei cariere proiectate.

O serie de chestiuni și probleme, legate de folosirea suprafețelor topografice, vor fi expuse în Cap. „Geometrizarea zăcămintelor de substanțe minerale utile“;

§ 3. PROIECȚIA AXONOMETRICĂ

1. PRINCIPIUL PROIECȚIEI AXONOMETRICE

S'a amintit mai sus, că proiecția axonometrică este o aplicație a proiecției paralele.

Se va urmări schema proiecției axonometrice aplicate punctului, deoarece reprezentarea unui corp oarecare se reduce la proiectarea

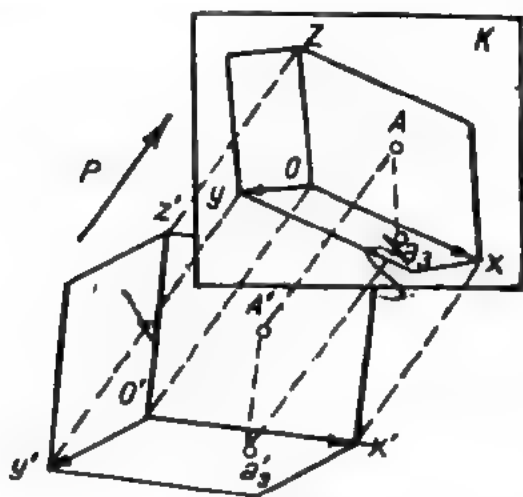


Fig. 36

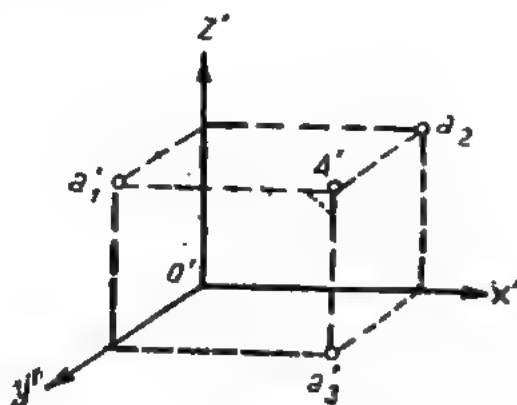


Fig. 37

punctelor sale caracteristice. Se va raporta întâi punctul dat A' la sistemul cartezian de axe rectangulare x', y', z' , cu originea în punctul O' (fig. 36). Segmentele $\overline{a_1'A'}$, $\overline{a_2'A'}$ și $\overline{a_3'A'}$, paralele cu axele de coordonate corespunzătoare, sunt coordonatele punctului A' , care determină poziția punctului în spațiu.

Se proiectează după o direcție oarecare P , punctul dat A' , împreună cu axele de coordonate dreptunghiulare $o'x', o'y'$ și $o'z'$ pe un plan de proiecție K , luat arbitrar (fig. 37). Se va obține reprezentarea (proiecția) axelor coordonatelor și a punctului dat. Proiecția originii axelor o' se va nota cu o , iar proiecțiile axelor x', y', z' se vor nota corespunzător cu x, y și z . Ultimele sunt numite axele axonometrice. Proiecția punctului A' se va nota cu A , numindu-se proiecția axonometrică a punctului A' . Punctul a_3 se numește proiecția axonometrică a punctului a_3' sau proiecția orizontală secundară a punctului A' . La fel, se vor putea obține proiecțiile secundare și în alte planuri de coordonate. În fig. 38, segmentele $\overline{a_1A}$, $\overline{a_2A}$ și $\overline{a_3A}$,

paralele cu axele axonometrice xyz , sunt coordonatele axonometrice ale punctului A' .

Din fig. 37 rezultă că punctul A poate fi proiecția axonometrică a oricărui punct care se află pe direcția $A'A$. Deaceia, poziția unui punct nu este determinată numai de proiecția sa axonometrică. Coordonatele axonometrice ale punctului se pot obține dacă, pe lângă proiecția axonometrică, va fi dată cel puțin o proiecție secundară, de exemplu, a_3 . Astfel, în proiecția axonometrică, poziția punctului se determină complet: a) prin trei coordonate axonometrice; b) prin proiecția axonometrică și secundară și c) prin două proiecții secundare. Orice schimbare de poziție în spațiu a punctului A' schimbă, necondiționat, cel puțin una dintre coordonatele lui și totodată, și reprezentarea acestei coordonate, adică coordonatele axonometrice ale punctului vor fi altele.

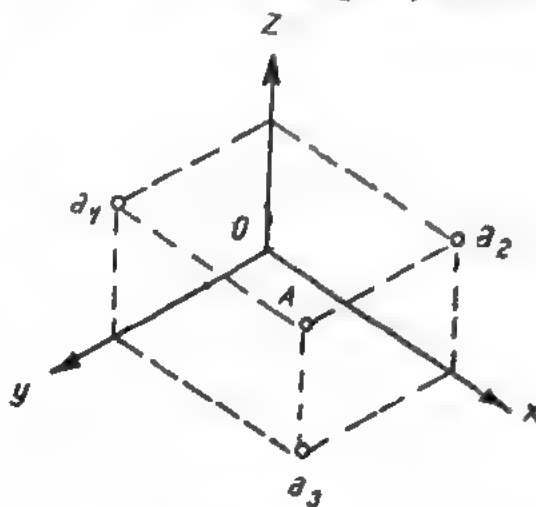


Fig. 38

Proiecția axonometrică, în calitate de proiecție paralelă, are următoarele proprietăți caracteristice:

1. dacă liniile în spațiu sunt paralele, proiecțiile lor axonometrice sunt deasemenea paralele;
2. dacă segmentele de drepte sau unghiurile se găsesc într'un plan paralel cu planul de proiecție axonometrică, ele se vor proiecta fără deformații;
3. dacă liniile în spațiu se intersectează, atunci și proiecțiile lor axonometrice se vor intersecta, iar punctele de intersecție ale proiecțiilor lor prezintă proiecțiile punctelor de intersecție ale liniilor din spațiu, și
4. toate segmentele paralele se deformează, prin proiecție, în același raport.

2. INDICII DE DEFORMAȚIE ȘI SCARA AXONOMETRICĂ

Pentru a face desenul cât mai clar și cât mai accesibil măsurătorii, se poate alege orice poziție a planului de proiecție K , față de corpul de proiectat și orice direcție de proiecție P , față de planul de proiecție.

Dimensiunile corpului după proiectare se deformează în desen de-a lungul axelor de coordonate, în același raport ca și dimensiunile înseși ale axelor.

În fig. 36 coordonatele punctului A' sunt: $a_1'A' = x'$, $a_2'A' = y'$, $a_3'A' = z'$.

În planul K , de proiecție axonometrică, coordonatele corespunzătoare ale punctului A vor fi: $a_1A = x$; $a_2A = y$; $a_3A = z$ (fig. 30).

Raportul $\frac{x}{x'} = \frac{a_1A}{a_1'A'}$ servește ca măsură a deformăției în lungul axei ox , în proiecție axonometrică. Acest raport se notează cu litera p sau cu fracția $\frac{1}{s}$.

La fel se obțin expresiile deformățiilor în lungul axelor de coordonate y și z , și anume:

$$\frac{y}{y'} = \frac{a_2A}{a_2'A'} = q = \frac{1}{t} \quad \text{și} \quad \frac{z}{z'} = \frac{a_3A}{a_3'A'} = r = \frac{1}{u}.$$

Mărimile $p = \frac{1}{s}$; $q = \frac{1}{t}$; $r = \frac{1}{u}$ se numesc indicii de deformăție ai coordonatelor, deoarece ei arată cum se deformează liniile în proiecție, paralele cu axele de coordonate sau, în general, coordonatele unui punct oarecare A' .

Se iau, dela originea o' , pe axele coordonatelor din spațiu, segmente egale cu unitatea de lungime (fig. 36); în acest caz, $x' = 1$, $y' = 1$ și $z' = 1$. Înlocuind aceste valori în expresiile p , q și r , se găsește că $p = x$, $q = y$ și $r = z$. Astfel, indicii de deformăție exprimă lungimile dreptelor de proiecție axonometrică, egale cu unitatea, așezate pe axele de coordonate din spațiu. Indicii de deformăție ai coordonatelor pentru diferite axe sunt, în general, diferiți, dar uneori ei pot fi egali câte doi, sau toți trei. Pe aceasta se bazează clasificarea proiecțiilor axonometrice.

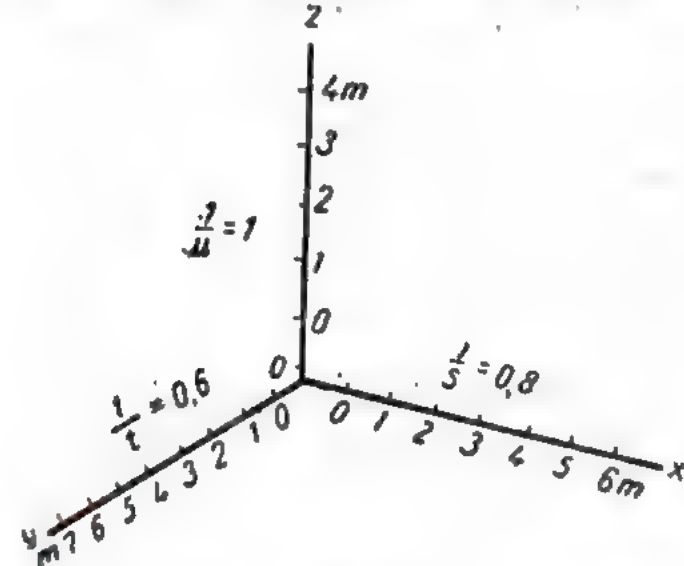


Fig. 39

Dacă indicii de deformăție sunt diferiți pentru toate cele trei axe de coordonate ($p \neq q \neq z$), proiecția se numește *trimetrică*.

Proiecțiile se numesc *dimetrice*, dacă indicii de deformăție ai coordonatelor, în lungul a două axe oarecare, sunt egali, de exemplu, $p = q$ sau $p = r$ sau $q = r$.

Proiecțiile se numesc *isometrice*, dacă toți indicii de deformății ai coordonatelor sunt egali.

Pentru a ne putea da seama de poziția axelor de coordonate și pentru a se determina, după desen, dimensiunile obiectului, paralele cu axele, se notează lângă proiecțiile, sistemul axelor axonometrice, gradate corespunzător scării date și se specifică indicii de deformare ai coordonatelor (fig. 39). Un asemenea sistem de axe axonometrice, cu cele trei scări corespunzătoare, se numește *scară axonometrică*.

Direcția de proiecție P , față de planul de proiecție K se poate lua sub un unghi ascuțit sau drept. În primul caz, proiecțiile se numesc *oblice* și, în al doilea caz, *ortogonale*.

3. RELAȚIA DINTRE ELEMENTELE DE PROIECȚIE AXONOMETRICĂ

a) Proiecția oblică

În teoria proiecției axonometrice se demonstrează următoarea teoremă de bază pentru proiecția oblică: „Trei drepte oarecare, ce se intersectează într'un punct în planul desenului, pot fi considerate ca proiecția axonometrică a unor axe de coordonate rectangulare din spațiu, iar trei numere oarecare p , q și r pot fi considerate ca indici de deformare“ (35).

Astfel, la proiecția axonometrică oblică se pot alege axele axonometrice sub diferite unghiuri unele față de altele, cum și indicii de deformare ai coordonatelor cei mai comizi, spre a se obține o construcție simplă, clară și mai ușor de măsurat. Scopul principal al folosirii proiecției axonometrice este obținerea unei imagini sugestive și deoarece proiecția oblică dă o posibilitate largă în alegerea condițiilor pentru obținerea unui desen mai demonstrativ, ea este folosită adeseori. Dacă se așează planul de proiecție paralel cu unul dintre planele axelor de coordonate, de exemplu $z' o' x'$, toate dimensiunile corpului, în desen, luate pe direcții paralele cu acest plan, vor avea indicii de deformare egali cu unitatea, iar axele axonometrice (x și z) vor fi situate sub un unghi drept, una față de alta.

Pentru a realiza un desen mai sugestiv și o construcție mai simplă se ia, adeseori, indicele de deformare pe axa y egal cu 0,5, iar unghiul obtuz dintre axe se împarte în jumătate. Această proiecție se aplică, adeseori, la reprezentarea lucrărilor miniere, în zăcămintele complicate. Această proiecție se numește *cavaliere*. La reprezentarea axonometrică a lucrărilor miniere complexe, este ușor să se așeze planul $z' o' x'$, paralel cu direcția medie a zăcământului; în acest caz, dimensiunile lucrărilor miniere verticale și orizontale față de direcție, la scara aleasă, se vor reprezenta fără deformări, iar dimensiunile lucrărilor miniere transversale vor fi micșorate la jumătate: $\left(\frac{1}{2} = q = 0,5\right)$.

Dacă, însă, coordonatele axelor planului se vor situa sub diferite unghiuri, față de direcția și de înclinarea zăcămintului, pentru construirea reprezentării axonometrice se face, în prealabil, în desen

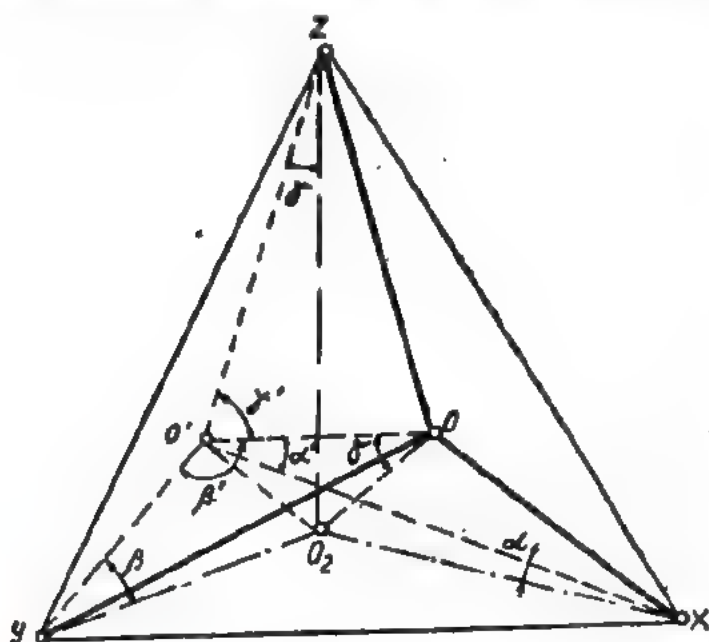


Fig. 40

(în creion), o a doua rețea de coordonate, care coincide cu direcțiile arătate. Adevseori, la reprezentarea lucrărilor miniere și a zăcămintelor, se folosește proiecția isometrică oblică. Superioritatea acestui fel de proiecție constă în egalitatea indicilor de deformare după cele trei axe, prin urmare, într'o ușoară măsurare a desenului după aceste direcții. O imagine foarte sugestivă se obține prin proiecția dimetrică oblică, cu următoarele elemente:

$$\angle xoy = 133^\circ; \angle yoz = 130^\circ; \angle zox = 97^\circ; p = 1,0, q = 0,5; r = 1,0.$$

Pentru determinarea condițiilor de proiecție oblică este de dorit să se cunoască relația dintre indicii de deformare p , q , r și unghiul σ , format de direcția de proiecție, cu planul de proiecție axonometrică. În fig. 40 (35) sunt reprezentate: axele coordonatelor, în spațiu $o'x$, $o'y$ și $o'z$ și planul de proiecție axonometric xyz . Se ia o direcție arbitrară de proiecție $o'o$, sub unghiul σ față de planul de proiecție și se construiesc axele coordonatelor axonometrice ox , oy și oz .

Notând indicii de deformare în lungul axelor de coordonate, cu p , q și r , rezultă: $\frac{ox}{o'x} = p$; $\frac{oy}{o'y} = q$; $\frac{oz}{o'z} = r$.

Se duce prin punctul o' o normală la planul de proiecție xyz , care intersectează planul de proiecție în punctul o_2 . În acest caz, desigur că $\angle o'oo_2$ este unghiul σ . Unghiurile dintre axele $o'xyz$ și planul de proiecție vor fi notate corespunzător, cu literele α , β , γ . Unghiurile dintre axele $o'xyz$ și direcția de proiecție sunt notate cu α' , β' , γ' .

Din triunghiurile $oo'x$ și $o'o_2x$, rezultă:

$$\overline{o'o} = \overline{o'o} \frac{\sin \sigma}{\sin \alpha}. \quad (1.10)$$

Din triunghiul $oo'x$, se obține:

$$(\overline{ox})^2 = (\overline{o'x})^2 + (\overline{oo'})^2 - 2\overline{o'x} \cdot \overline{oo'} \cos \alpha. \quad (1.11)$$

Înlocuind pe $\overline{o'o}$ din membrul doi al acestei expresii, cu valoarea din expresia (1.10), rezultă:

$$(\overline{ox})^2 = (\overline{o'x})^2 + (\overline{o'x})^2 \frac{\sin^2 \alpha}{\sin^2 \sigma} - 2(\overline{o'x})^2 \frac{\sin \alpha}{\sin \sigma} \cos \alpha'. \quad (1.12)$$

de unde se obține:

$$p^2 = \left(\frac{\overline{ox}}{\overline{o'x}} \right)^2 = 1 + \frac{\sin^2 \alpha}{\sin^2 \sigma} - 2 \frac{\sin \alpha}{\sin \sigma} \cos \alpha'. \quad (1.13)$$

În mod analog, se obțin:

$$q^2 = 1 + \frac{\sin^2 \beta}{\sin^2 \sigma} - 2 \frac{\sin \beta}{\sin \sigma} \cos \beta' \quad (1.14)$$

și

$$r^2 = 1 + \frac{\sin^2 \gamma}{\sin^2 \sigma} - 2 \frac{\sin \gamma}{\sin \sigma} \cos \gamma' \quad (1.15)$$

Adunând expresiile (1.13), (1.14) și (1.15), se obține:

$$p^2 + q^2 + r^2 = 3 + \left(\frac{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta + \sin^2 \gamma}{\sin^2 \sigma} \right) - 2 \left(\frac{\cos \alpha' \sin \alpha + \cos \beta' \sin \beta + \cos \gamma' \sin \gamma}{\sin \sigma} \right). \quad (1.16)$$

Deoarece: $\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta + \sin^2 \gamma = \cos^2 (90^\circ - \alpha) + \cos^2 (90^\circ - \beta) + \cos^2 (90^\circ - \gamma) = 1$, iar $\cos \alpha' \sin \alpha + \cos \beta' \sin \beta + \cos \gamma' \sin \gamma = -\cos \alpha' \cdot \cos (90^\circ - \alpha) + \cos \beta' \cdot \cos (90^\circ - \beta) + \cos \gamma' \cdot \cos (90^\circ - \gamma) = -\cos (90^\circ - \sigma) = \sin \sigma$,

expresia (1.16) se va transforma în:

$$p^2 + q^2 + r^2 = 3 + \frac{1}{\sin^2 \sigma} - 2 \frac{\sin \sigma}{\sin \sigma}$$

care, în formă definitivă, este

$$p^2 + q^2 + r^2 = 2 + \operatorname{ctg}^2 \sigma. \quad (1.17)$$

Ultima expresie dovedește că, în proiecție axonometrică oblică, suma pătratelor indicilor de deformare este egală cu $2 + \operatorname{ctg}^2 \sigma$, unde σ este unghiul format de direcția de proiecție cu planul axonometric de proiecție.

Având date p , q și r , unghiul σ se calculează ușor din expresia (1.17).

La reprezentarea corpului în proiecția axonometrică, este mai bine ca coordonatele rectangulare din spațiu, la care se raportează corpul,

să fie plasate paralel cu dimensiunile lui principale, sau cu direcțiile lui caracteristice. Aplicând aceasta lucrărilor miniere sau structurilor geologice, astfel de direcții caracteristice vor fi: verticala, direcția și înclinarea zăcămintului reprezentat. Este comod să se ia axa oz în coincidență cu direcția zăcămintului, iar planul proiecției, paralel cu planul zăcămintului.

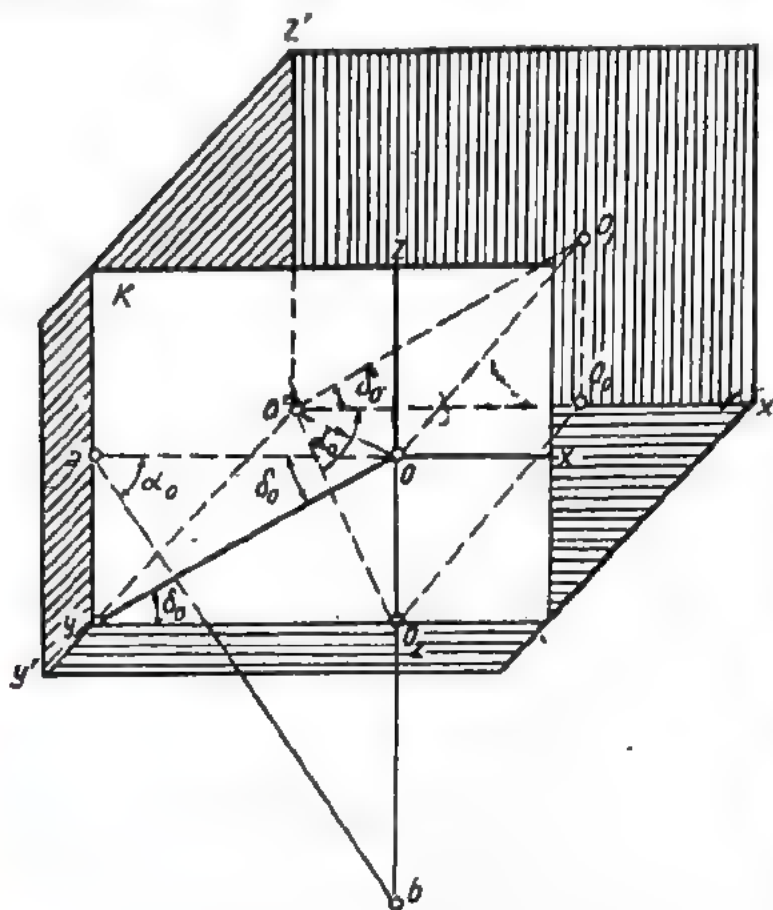


Fig. 41

Dimensiunile corpului, paralele cu oz , nu se vor deforma la reprezentare și prin aceasta, se poate obține, pe lângă comoditatea de reprezentare, și claritatea metrică a desenului.

În condițiile arătate, dacă sunt date axele axonometrice și este cunoscut indicele de deformare q pentru axa oy ($p = r = 1$), este ușor să se determine direcția de proiecție. Direcția va fi determinată de unghiurile formate de proiecțiile acestei direcții pe planele $z'o'x'$ și $y'o'x'$, cu axa $o'x$.

În fig. 41 (35) sunt date: axele de coordonate rectangulare $o'y'$, $o'x'$, $o'z'$, planul proiecțiilor axonometrice K , paralel cu $z'o'x'$, direcția de proiectare $o'o$ și axele axonometrice ox , oy , oz .

Dreptele $\overline{o'o_1}$ și $\overline{o'o_2}$ din fig. 41 sunt proiecțiile direcției de proiectare $o'o$ pe planele $z'o'x'$ și $y'o'x'$, care formează cu axa $o'x'$ unghiurile corespunzătoare δ_0 și α_0 . La aceasta, unghiul de înclinare $\delta_0 = \angle oyo_2 = \angle yoa$, adică δ_0 , care este egal cu unghiul format de axa oy și prelungirea axei ox .

Unghiul α_0 se găsește în modul următor.

Din triunghiul $o_2o'o_1$, se vede că α_0 este un unghi ascuțit al triunghiului dreptunghi, la care una dintre catete este

$$\overline{o'o_1} = \overline{yo_2} = \overline{oa},$$

iar cealaltă catetă este

$$\overline{o_2o_0} = \overline{o'y} = \overline{oy} : q,$$

unde q este indicele de deformare după axa oy și este egal cu $q = \frac{oy}{o'y}$. Lungimea acestei catete se măsoară dela punctul o în jos, pe direcția perpendiculară pe \overline{oa} și se obține punctul b ($\overline{o'y} = \overline{ob}$), pe care, unindu-l cu punctul a , se obține $\angle bao = \alpha_0$.

Astfel, având lungimea \overline{oa} , indicele de deformare q și lungimea oy , se găsește ușor direcția de proiectare. Această determinare se face, de obicei, după cum este reprezentat în fig. 42, unde sunt date axele axonometrice $oxyz$ și unghiul $\delta_0 = \angle aoy$. Pentru construirea unghiului α_0 se folosește punctul y de pe axa oy . Se duce ya perpendicular pe ox . După aceasta, perpendicular pe ao , se ia $\overline{ob} = \overline{oy} : q$. Unind punctul b cu punctul a , se obține $\angle bao = \alpha_0$.

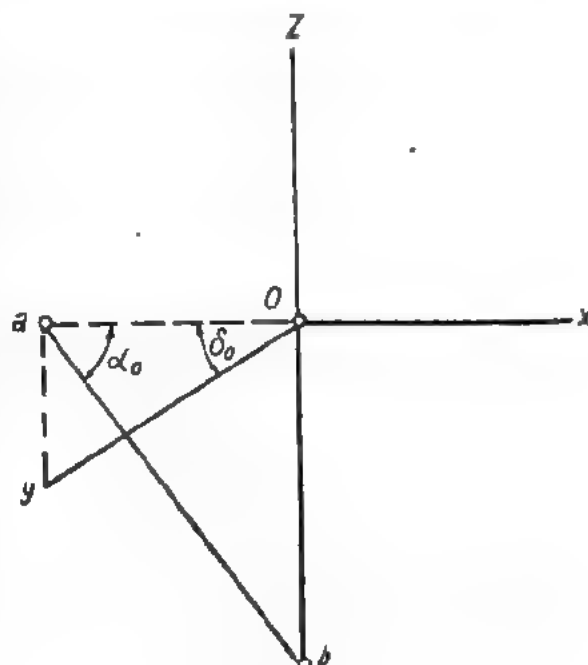


Fig. 42

Fig. 43 (35) reprezintă cuburile în proiecția oblică axonometrică dimetrică pentru $q = 1/3$, $1/2$ și 1 și $\delta_0 = 30^\circ$, 45° și 60° . În figură se vede că reprezentarea cea mai sugestivă pentru ochi se obține pentru $q = 1/2$ și $\delta_0 = 45^\circ$.

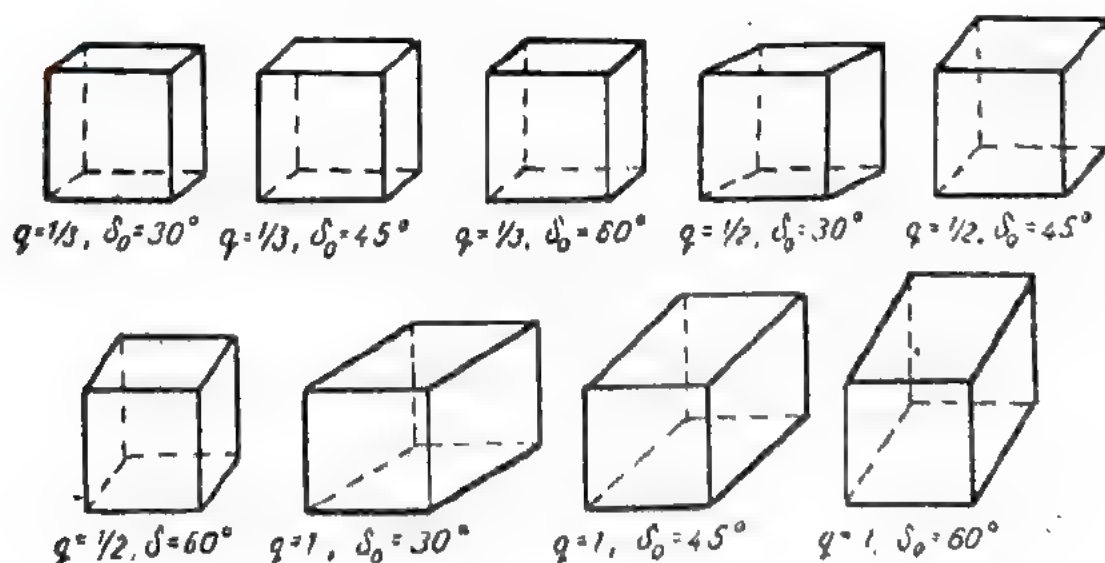


Fig. 43

b) Proiecția rectangulară

În cazul când direcția de proiecție $o'o$ (fig. 44, a) este perpendiculară pe planul de proiecție K , proiecția axonometrică se numește rectangulară. Cu toate că este mai puțină libertate în alegerea condițiilor, decât în proiecția oblică, totuși acest caz este frecvent aplicat. Se va analiza în cele ce urmează relațiile dintre elementele proiecției rectangulare.

În fig. 44, a, planul de proiecție K , în planele axelor de coordonate, dă triunghiul xyz . Aici, $o'xyz$ sunt axele de coordonate rectangulare din spațiu, iar $oxyz$ sunt axele axonometrice.

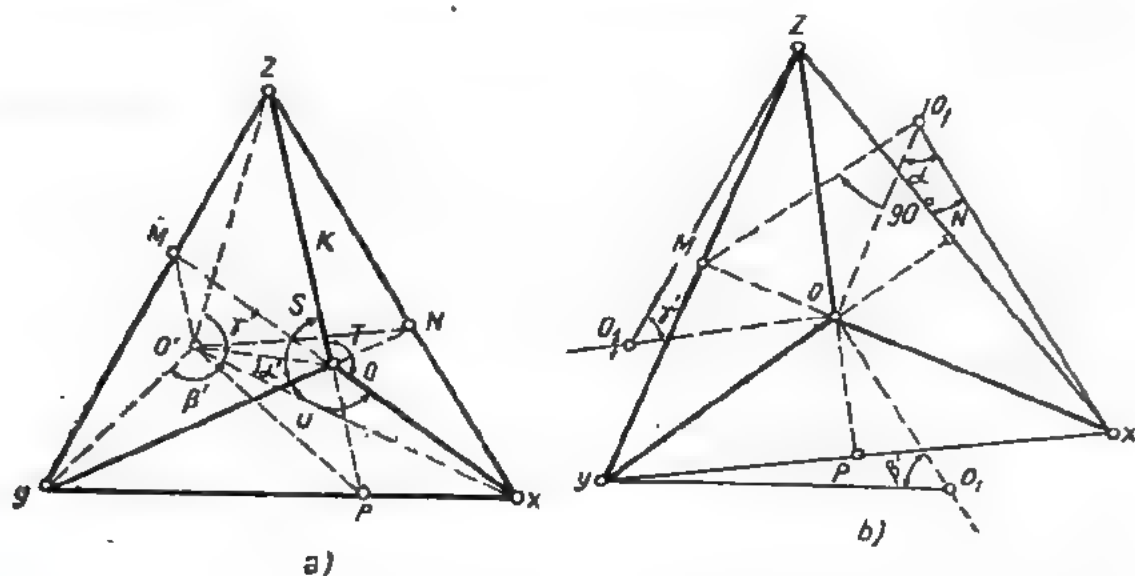


Fig. 44

Punctele de intersecție ale prelungirii axelor axonometrice, cu laturile triunghiului urmelor xyz se înseamnă cu literele M , N și P .

Din fig. 44, a rezultă că axele axonometrice sunt înălțimile triunghiului urmelor.

Intrucât $o'o \perp K$, rezultă că planele: $o'xM \perp yz$, $o'yN \perp xz$ și $o'zP \perp xy$. Prin urmare, unghiurile $o'My$, xNy și xPz sunt drepte, adică liniile xM , yN și zP sunt înălțimile triunghiului xyz .

Unghiurile formate de direcția de proiecție $o'o$ cu axele de coordonate $o'x$, $o'y$ și $o'z$ se înseamnă cu α' , β' și γ' . Triunghiurile dreptunghice $o'ox$, $o'oy$ și $o'oz$ se rotesc corespunzător, în jurul axelor axonometrice ox , oy și oz , până la suprapunerea lor cu planul desenului (fig. 44, b). Din ultima figură rezultă că indicii de deformare p , q și r , se determină din următoarele expresii simple:

$$p = \frac{ox}{o'x} = \sin \alpha'; \quad q = \frac{oy}{o'y} = \sin \beta'; \quad r = \frac{oz}{o'z} = \sin \gamma'. \quad (1.18)$$

Intrucât α' , β' și γ' , la proiecția rectangulară, sunt mai mici decât 90° , indicii de deformare p , q și r vor fi mai mici decât unitatea.

În același timp, din formula (1.17) rezultă că, pentru $\sigma = 90^\circ$, indicii de deformare sunt legați între ei de o relație simplă, și anume:

$$p^2 + q^2 + r^2 = 2. \quad (1.19)$$

În fig. 44, *a*, triunghiul $xo'M$ este dreptunghic, cu înălțimea $o'x$. Prin rotire în jurul ipotenuzei xM , el este suprapus pe planul K . În acest caz, va ocupa poziția xo_1M din fig. 44, *b*.

Sunt cunoscute: ipotenuza xM , punctul o , care se găsește pe ea și unghiul drept xo_1M . Dreapta oo_1 , perpendiculară pe xM , este înălțimea triunghiului xo_1M . Cu aceste date, este ușor să se construiască triunghiul xo_1M (fig. 44, *b*) și din acest triunghi, să se determine cateta xo_1 și unghiul $oo_1x = \alpha'$.

Indicele de deformare p va fi egal cu raportul $\frac{ox}{o_1x}$.

În mod analog se calculează celelalte unghiuri, cum și indicii de deformare. Astfel, triunghiul urmelor determină indicii de deformare și unghiurile α' , β' și γ' dintre direcția de proiecție și axele de coordonate din spațiu.

Din cele expuse mai sus rezultă că, fiind dat sistemul axonometric $oxyz$ în proiecția ortogonală, nu este greu să se determine indicii de deformare și unghiurile α' , β' și γ' . În adevăr se ia pe una dintre axe, de exemplu pe axa ox , un punct oarecare x (fig. 44, *b*). Se duce xz perpendicular pe oy și se prelungește până la intersecția sa cu oz în punctul z . Apoi se duce zy perpendicular pe ox și se prelungește până la intersecția cu oy în punctul y . Se unește x cu y printr-o dreaptă. Triunghiul xyz format este triunghiul urmelor. Folosind acest triunghi, se determină ușor indicii de deformare și unghiurile dintre direcția de proiectare și axele de coordonate din spațiu.

Dacă sunt dați doi indici de deformare, al treilea indice, cum și unghiurile α' , β' și γ' se găsesc din relațiile (1.19) și (1.18).

În cazul proiecției ortogonale există următoarea relație simplă între unghiurile α' , β' și γ' și unghiurile S, T, U , formate de axele axonometrice (fig. 44, *a*). Aici, triunghiul oyz este proiecția ortogonală a triunghiului $o'yz$. Pentru simplificarea expresiilor care vor urma, se notează:

$$o'x = l_1; \quad o'y = m_1; \quad o'z = n_1; \quad ox = l; \quad oy = m; \quad oz = n;$$

Din triunghiurile amintite se obține:

$$\frac{m \cdot n}{2} \sin S = \frac{m_1 \cdot n_1}{2} \cos \alpha',$$

de unde

$$\sin S = \frac{m_1 \cdot n_1}{m \cdot n} \cos \alpha'.$$

Deoarece $m = m_1 \sin \beta'$ și $n = n_1 \sin \gamma'$ rezultă:

$$\left. \begin{aligned} \sin S &= \frac{m_1 \cdot n_1}{m_1 \sin \beta' \cdot n_1 \sin \gamma'} \cos \alpha' = \frac{\cos \alpha'}{\sin \beta' \cdot \sin \gamma'} \\ \sin T &= \frac{\cos \beta'}{\sin \alpha' \cdot \sin \gamma'}; \quad \sin U = \frac{\cos \gamma'}{\sin \alpha' \cdot \sin \beta'} \end{aligned} \right\} \quad (1.20)$$

Uneori, se dă raportul indicilor de deformare și se cere să se determine, din acest raport, indicii de deformare și unghiurile S, T, U .

Din fig. 44, α rezultă că

$$p : q : r = \sin \alpha' : \sin \beta' : \sin \gamma',$$

de unde

$$\sin \beta' = \frac{q}{p} \sin \alpha' \quad \text{și} \quad \sin \gamma' = \frac{r}{p} \sin \alpha'.$$

Din acestea și ținând seamă și de expresia (1.19), se poate deduce că $\sin^2 \alpha' + \sin^2 \beta' + \sin^2 \gamma' = 2$; înlocuind aici sinusul unghiurilor β' și γ' prin sinusul unghiului α' și indicii de deformare, rezultă:

$$\sin^2 \alpha' + \left(\frac{q}{p}\right)^2 \sin^2 \alpha' + \left(\frac{r}{p}\right)^2 \sin^2 \alpha' = 2,$$

de unde

$$\left. \begin{aligned} \sin \alpha' = p &= \sqrt{\frac{2p^2}{p^2 + q^2 + r^2}} \\ \sin \beta' = q &= \sqrt{\frac{2q^2}{p^2 + q^2 + r^2}} \\ \sin \gamma' = r &= \sqrt{\frac{2r^2}{p^2 + q^2 + r^2}} \end{aligned} \right\} \quad (1.21)$$

Exprimând cosinusurile unghiurilor α' , β' și γ' prin sinusurile lor, se obține:

$$\begin{aligned} \cos \alpha' &= \sqrt{\frac{-p^2 + q^2 + r^2}{p^2 + q^2 + r^2}}; \quad \cos \beta' = \sqrt{\frac{p^2 - q^2 + r^2}{p^2 + q^2 + r^2}}; \\ \cos \gamma' &= \sqrt{\frac{p^2 + q^2 - r^2}{p^2 + q^2 + r^2}}. \end{aligned}$$

Înlocuind valorile sinusurilor și ale cosinusurilor obținute în formula (1.20), rezultă:

$$\begin{aligned} \sin S &= \frac{\cos \alpha'}{\sin \beta' \cdot \sin \gamma'} = \frac{1}{2qr} \sqrt{(p^2 + q^2 + r^2)(-p^2 + q^2 + r^2)}; \\ \text{de unde} \quad \cos S &= -\frac{1}{2qr} \sqrt{(p^2 + q^2 - r^2)(p^2 - q^2 + r^2)}. \end{aligned} \quad (1.22)$$

Pentru unghiurile T și U , se obține deasemenea:

$$\left. \begin{aligned} \cos T &= -\frac{1}{2pr} \sqrt{(p^2 + q^2 - r^2)(-p^2 - q^2 + r^2)} \\ \cos U &= -\frac{1}{2pq} \sqrt{(-p^2 + q^2 + r^2)(+p^2 - q^2 + r^2)} \end{aligned} \right\} \quad (1.22)$$

Deoarece triunghiul urmelor xyz are unghiuri la vârf ascuțite, fiecare dintre unghiurile S , T , U va fi mai mare decât un unghi drept; în consecință, cosinusurile lor vor fi negative.

Cele expuse sunt arătate în tabela 1, unde se dau elementele corespunzătoare ale proiecției axonometrice (35).

De aici rezultă că, la determinarea condițiilor proiecției axonometrice, problema se reduce la alegerea indicilor de deformare și a unghiurilor dintre axele axonometrice.

Deoarece scopul final al proiecției axonometrice este reprezentarea rapidă și clară a obiectului din spațiu, este mai ușor să se folosească proiecția oblică, întrucât, la această proiecție, se pot lua valori arbitrare pentru indicii de deformare și pentru unghiurile dintre axe.

Proiecțiile oblice pe planul paralel cu două axe de coordonate din spațiu, care să fie paralele cu două dintre dimensiunile principale sau ale obiectului cu direcțiile lui caracteristice, sunt mai ușor de construit și mai comod de măsurat. În acest caz, se proiectează fără deformare toate unghiurile și dreptele, care sunt paralele cu planul de proiecție.

Dacă se ia însă proiecția isometrică, adică al treilea indice de deformare să fie egal cu unitatea, măsurarea devine mult mai ușoară, însă în acest caz, reprezentarea va fi mai puțin reală și neobișnuită pentru intuiția noastră.

Reprezentarea axonometrică în proiecția oblică se obține mai sugestivă, în cazul când muchiile laterale ale obiectului sunt așezate sub un unghi față de planul de proiecție. La proiecția ortogonală se pot lua:

1. doi indici de deformare, alegându-i pe fiecare mai mic decât unitatea. În acest caz, al treilea indice se va determina cu formula (1.19), iar unghiurile dintre axele axonometrice se vor găsi din expresiile (1.20) și (1.22);

2. raportul $p:q:r$ dintre indicii de deformare. În acest caz, valorile indicilor se vor determina cu formula (1.21), iar unghiurile dintre axele axonometrice, cu formulele arătate mai sus (1.20) și (1.22).

La determinarea condițiilor de proiecție ortogonală este comod să se folosească tabela 1.

Tabela 1

Elementele proiecției axonometrice ortogonale

p	q		r	Denumirea proiecției	s	T	U	p	q	r
		1								
1			1	Isometrică	120°00'	120°00'	120°00'	0,8165	0,8165	0,8165
1		1/4 = 0,250	1	Dimetrică	134°06',5	91°47'	134°06',5	0,9847	0,2462	0,9847
1		1/3 = 0,333	1		133°24',5	93°11'	133°24',5	0,9733	0,3244	0,9733
1		1/2 = 0,500	1		131°24',5	97°11'	131°24',5	0,9428	0,4714	0,9428
1		2/3 = 0,666	1		128°35'	102°50'	128°35'	0,9045	0,6030	0,9045
1		5/6 = 1,200	1		111°58',5	136°03'	111°58',5	0,7625	0,9150	0,7625
1		4/3 = 1,333	1		103°38'	152°44'	103°38'	0,7276	0,9701	0,7276
1		7/5 = 1,400	1		95°44',5	168°31'	95°44',5	0,7107	0,9949	0,7107
49/50 = 0,980		1/5 = 0,200	1	Trimetrică	93°58'	90°10'	175°52'	0,9720	0,4998	9,9990
31/32 = 0,969		1/4 = 0,250	1		94°55'	90°20'	174°45'	0,9694	0,2499	0,9994
17/18 = 0,944		1/3 = 0,333	1		96°23'	90°47',5	172°49',5	0,9435	0,3332	0,9995
23/24 = 0,958		1/3 = 0,333	1		110°16'	92°15',5	157°28',5	0,9513	0,3309	0,9927
19/20 = 0,950		2/5 = 0,400	1		114°22'	93°49',5	151°48',5	0,9335	0,3939	-0,9847
7/8 = 0,875		1/2 = 0,500	1		98°51'	92°51'	168°18'	0,8716	0,4980	0,9961
9/10 = 0,900		1/2 = 0,500	1		107°49'	95°11'	157°00'	0,8868	0,4927	0,9853
5/6 = 0,833		2/3 = 0,666	1		108°13'	101°10'	150°37'	0,8059	0,6447	0,9675
3/4 = 0,750		7/8 = 0,875	1		106°59',5	114°46'	138°14',5	0,6951	0,8110	0,9268

4. CONSTRUCȚIA REPREZENTĂRII AXONOMETRICE

În general, reprezentarea zăcămintelor de substanțe minerale utile și a lucrărilor miniere legate de ele se execută în proiecție ortogonală cotată și numai sectoarele mai complicate, asupra cărora trebuie să se obțină o imagine mai completă, sunt reprezentate în proiecție axonometrică.

În geometria minieră, problema reprezentării axonometrice constă în trecerea de la proiecția ortogonală cotată, la proiecția axonometrică.

Reprezentarea în proiecția axonometrică se face, de obicei, la o scară mai mare, sau în orice caz, la aceeași scară, la care s'a executat

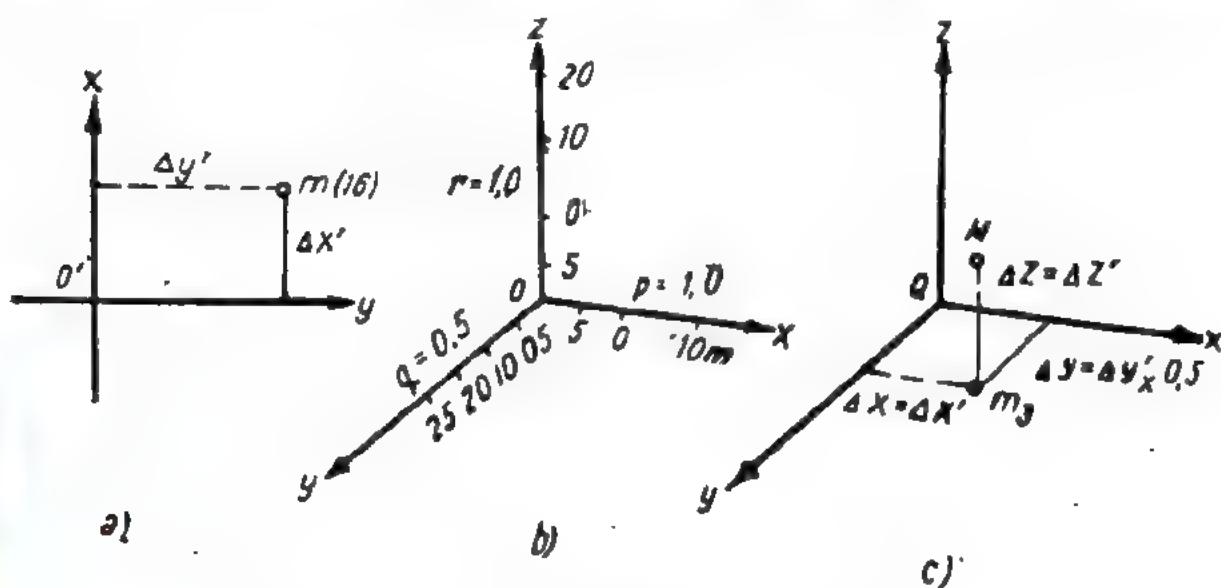


Fig. 45

proiecția ortogonală. Scări mai mici nu se folosesc, întrucât proiecția axonometrică urmărește descifrarea spațială a sectoarelor complicate ale corpurilor reprezentate. Obiectul oricărei forme complicate, din punctul de vedere al reprezentării lui în desen, îl formează totalitatea punctelor situate în părțile caracteristice ale acestuia. Deaceia, ordinea de construcție în reprezentarea axonometrică a unui obiect, pe baza imaginii sale din proiecția ortogonală cotată, este mai bine să fie arătată printr'un exemplu de reprezentare a unui punct.

Fie punctul M' în proiecția cotată (fig. 45, a). Se cere să se construiască imaginea axonometrică a acestui punct.

Rezolvare: 1. În fig. 45, a este reprezentată proiecția ortogonală $m(16)$ a punctului M' . Aici, $\Delta x' = 15$, $\Delta y' = 25$ și $\Delta z' = 16$. Transpunerea originii axelor de coordonate și rotirea axelor nu se cere. Scara este 1:1000.

2. În fig. 45, b este reprezentată scara axonometrică. Scara numerică este aceeași: 1:1000. Se consideră proiecția oblică dimetrică.

Indicii de deformare ai coordonatelor sunt: $p=r=1$ și $q=0,5$. Unghiurile dintre axele axonometrice sunt: $\angle xoz = 97^\circ$; $\angle xoy = 133^\circ$; $\angle yoz = 130^\circ$. Conform scării numerice 1:1000 și a indicilor de deformare dați, se gradcă axele axonometrice, obținându-se astfel scara axonometrică.

3. Folosind proiecția ortogonală a punctului (16) (fig. 45, a) și scara axonometrică construită (fig. 45, b), se reprezintă în fig. 45, c proiecția orizontală secundară m_3 a punctului M' . Construcția lui nu cere lămuriri.

4. În fine, folosind proiecția secundară a punctului m_3 , se reprezintă în fig. 45, c proiecția axonometrică a punctului M' . Pentru aceasta, se ia din punctul m_3 , paralel cu axa z , un segment egal cu Δz . Punctul găsit M este proiecția căutată a punctului.

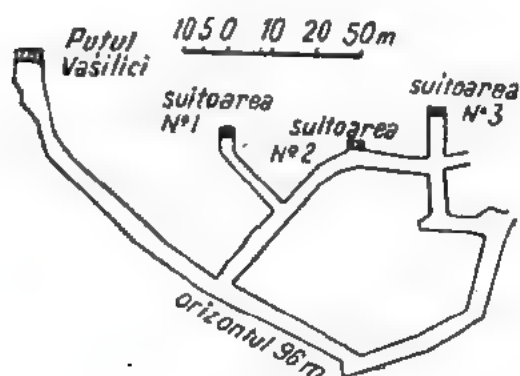


Fig. 46

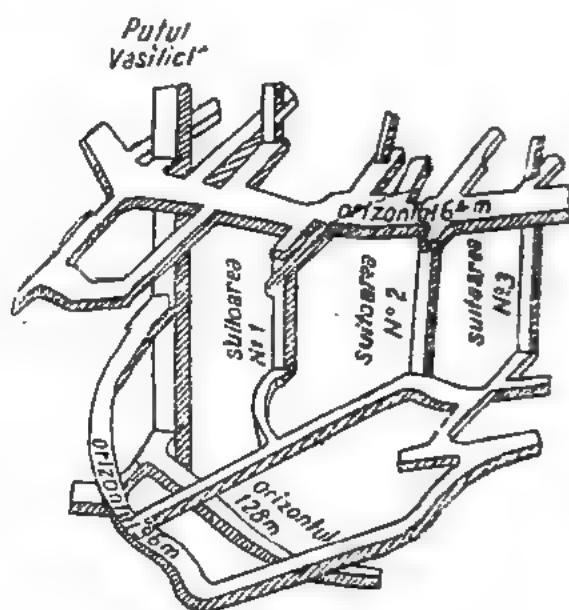


Fig. 47

Atât reprezentarea axonometrică a drepte, dată prin două puncte, cât și reprezentarea planului, dat printr'un complex de drepte și puncte, se fac în mod analog. Pentru aceasta, toate punctele caracteristice ale obiectului, reprezentate în proiecția ortogonală, sunt reprezentate în proiecția axonometrică și unite prin drepte, în aceeași ordine în care sunt în realitate.

Un exemplu în care se poate urmări aplicarea proiecției axonometrice la reprezentarea lucrărilor miniere și o comparație a ei cu proiecția ortogonală pe un plan orizontal, este redat în fig. 46 și 47, unde sunt reprezentate o parte dintre lucrările miniere ale unei mine din Ural. În prima figură sunt reprezentate, în proiecții ortogonale, lucrările miniere ale sectorului orizontului 96 m; în a doua sunt reprezentate, la aceeași scară, aceleași lucrări miniere ale orizontului 96 m în proiecție axonometrică, iar pentru o mai bună comparație spațială, lucrările miniere respective dela orizonturile 64 și 128 m.

§ 4. PROIECȚII AFINE

1. PRINCIPII GENERALE

Proiecția paralelă singulară are drept corespondent proiecția perspectivă afină, sau înrudită. Biproiecția sau poliproiecția paralelă dă corespondența afină.

Correspondența afină sau înrudită se caracterizează prin existența egalității unor rapoarte simple. Aceasta înseamnă că raportul a două segmente oarecare de pe aceeași dreaptă este egal cu raportul segmentelor corespunzătoare de pe o dreaptă afină și, la orice trans-

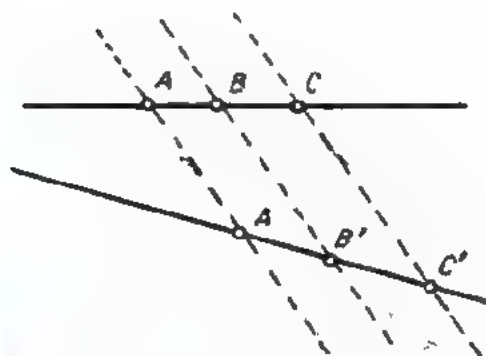


Fig. 48

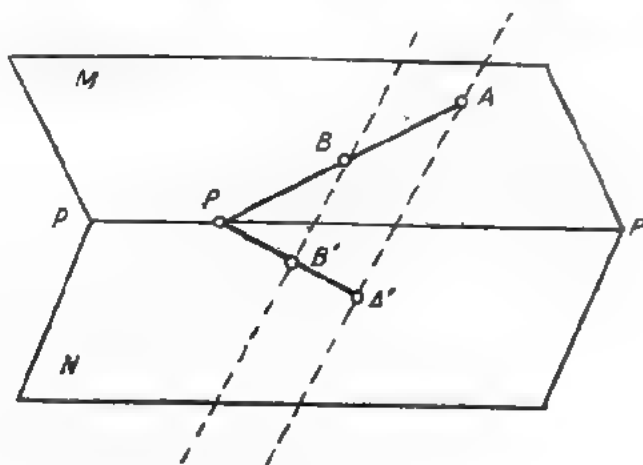


Fig. 49

formare afină, acest raport se păstrează, sau, la segmente egale de pe o dreaptă, corespund segmente egale de pe dreapta afină. Fie o dreaptă și pe ea o serie de puncte A, B, C (fig. 48). Prin proiecție paralelă pe o altă dreaptă se va obține pe aceasta o serie corespunzătoare de puncte A', B', C' . Din figura menționată rezultă că

$$\frac{\overline{AC}}{\overline{BC}} = \frac{\overline{A'C'}}{\overline{B'C'}} \text{ sau } \frac{\overline{AC}}{\overline{A'C'}} = \frac{\overline{BC}}{\overline{B'C'}} = m, \quad (1.23)$$

adică, există un raport simplu între segmentele date. Astfel, la transformarea afină a dreptei (la proiecții paralele), lungimile tuturor segmentelor corespunzătoare (sau așa numite omoloage) sunt proporționale, ca și cum dreapta s'ar întinde uniform pe direcția ei, într'un raport oarecare. Prin urmare, scara reprezentării afine rămâne constantă după o direcție dată.

La corespondența afină a planelor există afinitate între dreptele unuia dintre plane cu corespondentele lor din celălalt. Fie date planele M și N (fig. 49). Direcția razei AA' , care trece prin punctul dat A , și corespunzătorul lui A' din proiecția perspectivă afină determină direcția de proiecție.

Linia de intersecție PP a planelor M și N , situate unul față de altul într-o poziție afină, adică în acea poziție în care se face proiecția paralelă a unui plan pe celălalt, se numește axa de afinitate. Aceasta este una dintre elementele de bază în proiecția afină.

Fie un punct oarecare B din planul M ; să se găsească corespunzătorul său afin B' din planul N . Pentru aceasta, se unesc punctele A și B printr-o dreaptă, care se prelungește până la intersecția ei cu axa de afinitate în punctul P . Se unesc apoi printr-o dreaptă punctele A' și P . Prin punctul B se duce o dreaptă paralelă la AA' . Această dreaptă va intersecta $A'P$ în punctul B' , care este tocmai punctul căutat. Dreapta \overline{AP} , conținută în planul M , și dreapta $\overline{A'P}$, conținută în planul N , care s'a obținut din prima după transformarea afină, sunt legate printr'un raport simplu, caracterizat de expresia (1.23).

Corespondența afină a două plane se determină prin trei perechi de puncte corespunzătoare.

În proiecția paralelă ortogonală, direcția razelor de proiecție este perpendiculară pe axa de afinitate. Perpendicularitatea arătată se păstrează și la rotirea planului în jurul acestei axe.

Pozițiile și proprietățile generale, care caracterizează proiecția axonometrică, expuse la începutul acestui capitol, corespund în întregime cazului de proiecție afină analizat, deoarece, la baza ambelor proiecții, stă metoda proiecției paralele. Diferența dintre ele constă în faptul că, la construire, se folosesc sisteme de coordonate diferite.

2. COORDONATE AFINE

La reprezentarea axonometrică a unui obiect se folosește, ca bază de construcție a diferitelor părți componente ale obiectului, sistemul de axe ortogonale xyz , al punctelor caracteristice ale obiectelor. Însă la reprezentarea imaginii obiectului din spațiu, prin metoda proiecției paralele este comod, în unele cazuri, să se folosească drept sisteme de coordonate, axa afină și direcțiile caracteristice, care sunt perpendiculare pe ea. Întrucât, la construirea imaginilor afine, se obține, ca rezultat final, reprezentarea obiectului în planul de proiecție cotelat, urmează că planul de bază M al obiectului este planul orizontal. Planul M , intersectându-se cu planul N , dă axa orizontală afină PP . Direcția paralelă cu ultima se ia ca direcția axei absciselor (x). Direcția perpendiculară pe axa de afinitate, conținută în planul N , se numește coordonata afină (Y_f). A treia coordonată este dată de înălțimea caracteristică a punctului corpului față de planul de proiecție. Coordonatele afine din planul N au un sistem corespunzător de coordonate în planul de bază M . Raportul lor, care asigură transformarea afină, caracterizează deformațiile în lungul direcțiilor arătate.

În adevăr, axa afină fiind linia de intersecție a planelor M și N , va aparține, pe toată lungimea ei, ambelor plane. În fig. 50 se observă că dreptele din planul de bază M , așezate paralel cu axa afină (de exemplu, dreapta AB), au drepte correspondente în figura afină; care, deasemenea, sunt paralele cu aceeași axă (dreapta ab în planul N). În consecință, lungimile AB și ab sunt egale între ele. Ultimul caz arată că există o relație importantă între ambele figuri pe direcția paralelă cu axa afină, și anume: dimensiunile obiectului, paralele

cu axele afine, la transformarea afină nu se deformează sau, cu alte cuvinte, indicele de deformare în lungul axei afine, este egal cu unitatea.

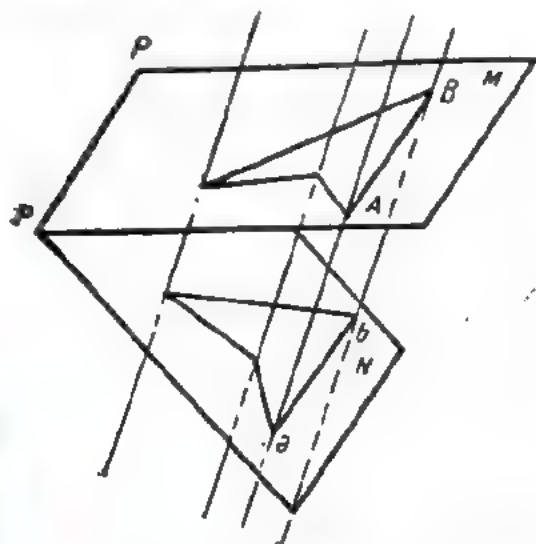


Fig. 50

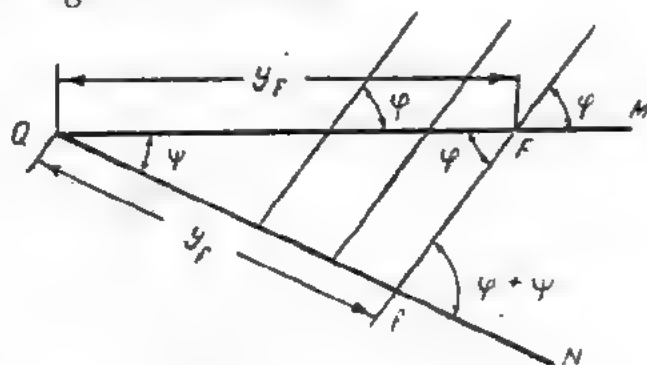


Fig. 51

Se va cerceta caracterul deformației la transformarea afină, pe direcția perpendiculară pe axa afină. Pentru aceasta se ia o secțiune plană perpendiculară pe axa afină, care trece prin razele de proiecție (fig. 51). Aici, liniile de intersecție ale planelor sunt trasate mai gros, iar secțiunile razelor de proiecție, mai subțire.

Se notează cu:

- Q — punctul de intersecție al axei afine cu planul de secțiune;
- P — punctul de intersecție al planului de secțiune cu proiecția în plan vertical a proiecției orizontale a figurii;
- f — punctul de intersecție al liniilor figurii afine, așezate în planul N , cu planul de secțiune;
- ψ — unghiul dintre planele M și N în același plan de secțiune;
- φ — unghiul de înclinare al razelor de proiecție cu planul de bază M ;
- $\psi + \varphi$ — unghiul de înclinare al razelor de proiecție cu planul desenului N ;

Y_F — ordonata punctului F în planul de bază M , egală cu QF (ordonata de bază) și

Y_f — ordonata punctului f în planul desenului N , egală cu Qf (ordonata înrudită sau afină).

Din fig. 51 rezultă:

$$\frac{Y_f}{Y_F} = \frac{\sin \varphi}{\sin(\psi + \varphi)}.$$

Astfel, expresia ordonatei afine în funcție de ordonata de bază, în cazul general al proiecției oblice paralele, va avea forma:

$$Y_f = Y_F \frac{\sin \varphi}{\sin(\psi + \varphi)}. \quad (1.24)$$

Pentru proiecția ortogonală, care este cea mai răspândită în practica reprezentării, expresia de mai sus se va simplifica și va căpăta forma:

$$Y_f = Y_F \sin \varphi, \quad (1.25)$$

deoarece, în acest caz, $(\psi + \varphi) = 90$ și $\sin(\psi + \varphi) = 1$.

Expresia ordonatei afine în relație cu proiecția de bază și cu cea ortogonală devine foarte comodă în calcul. Folosind această expresie se poate face trecerea punctului dat din planul de bază M , prin diferite secțiuni apropiate, perpendiculare pe axa afină, în punctul corespunzător afin din planul N (acest procedeu se aplică în cazul figurilor cu contur curbiliniu).

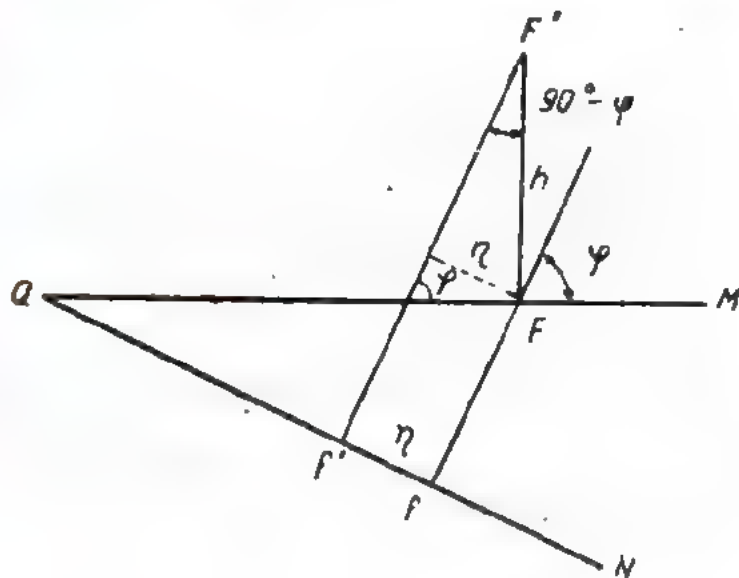


Fig. 52

Pentru a da o reprezentare sugestivă spațială obiectului reprezentat în plan, numai prin semne convenționale și prin cifre ale cotelor punctelor com-

ponente, trebuie să se prelucereze și să se folosească corespunzător valoarea cotelor punctelor sale. Pentru analiza problemei se va lua din nou secțiunea perpendiculară pe axa afină. În fig. 52, care reprezintă această secțiune, notațiile au rămas, în cea mai mare parte, aceleași ca în fig. 51. Din această secțiune (fig. 52) rezultă că punc-

tului F din planul orizontal (în desen) îi corespunde o înălțime oarecare, de exemplu h , limitată în secțiune de punctul F' .

Proiecțiile ortogonale F și F' pe planul desenului N vor fi respectiv f și f' . Astfel, proiecția f' a punctului F' , situat la înălțimea h deasupra punctului F , în planul N , va fi mai aproape de axa afină cu câtimea η , față de proiecția f a punctului F .

Pentru determinarea mărimii η , se duce prin F o paralelă la planul N și se găsește că:

$$\cos \varphi = \frac{\eta}{h}$$

sau

$$\eta = h \cos \varphi. \quad (1.26)$$

S'a obținut astfel o expresie simplă pentru prelucrarea cotelor necesare reprezentării spațiale (afine) a obiectului. Se va numi mărimea η „diferența afină a înălțimilor”. Sistemul format din: axa afină (abscisă), ordonata afină Y_f și diferența afină a înălțimilor η , vor fi considerate drept coordonate afine sau coordonate de înrudire. Metoda reprezentării spațiale a obiectului, în care coordonatele afine sunt baza construcției, se va numi proiecția afină.

3. CONSTRUCȚIA REPREZENTĂRII AFINE

Din cele expuse mai sus rezultă modul de construire a reprezentării obiectului în proiecția ortogonală pe un plan înclinat, cu ajutorul coordonatelor afine. În esență, această proiecție nu se deosebește cu nimic de proiecția axonometrică ortogonală, schimbându-se numai metoda construcției.

În proiecția afină, trecerea la coordonatele afine implică schimbarea direcției axelor de coordonate orizontale, după aprecierea executantului. Axa z în proiecție coincide cu ordonata afină. Ambele sunt perpendiculare pe axa afină.

Dimensiunile principale ale obiectului și direcțiile caracteristice, după care se așează axele în axonometrie, la proiecția afină, pot ocupa aceleași poziții reciproce. Din această cauză, rezultatele finale ale proiecției afine și axonometrice pot fi, în unele cazuri, complet identice. Prin urmare, nu are sens să se compare calitățile de claritate între cele două sisteme de reprezentare. Se poate vorbi numai de viteza și de simplitatea construirii într'un caz sau în celălalt.

Fie obiectul (corpul), de exemplu, zăcământul (sau o parte din zăcământ), reprezentat în desen în proiecție cotată numerică. Se cere reprezentarea situației lui din spațiu. Conform concluziilor de mai sus, rezolvarea acestei probleme se va conduce după următorul plan:

1. Se trasează în proiecție orizontală (în desen) cu creionul, direcția de proiecție. Direcția trebuie aleasă astfel, încât reprezentarea să dea o imagine spațială cât mai bună și să creeze observatorului o imagine completă și justă despre obiect.

2. Planul N este perpendicular pe direcția de proiecție; din această cauză, dreapta de intersecție a planului desenului N cu planul orizontal, este perpendiculară pe direcția trasată; ea va fi deci axa afină.

Prin apropierea sau depărtarea planului N față de proiecția paralelă ortogonală, nu se schimbă cu nimic imaginea din spațiu; în acest caz, se va deplasa corespunzător în planul desenului numai axa afină, rămânând tot timpul paralelă cu ea însăși. Rezultă că axa afină se va aduce în poziția cea mai convenabilă planului, ea rămânând perpendiculară pe direcția trasată.

3. Axa afină se va trasa cu creionul pe planșa care va conține construcția proiecției afine, astfel încât reprezentarea să fie simetrică.

4. Se coboară pe plan perpendiculara din punctele proiectate de aceeași cotă pe axa afină. Se iau lungimile Y_f cu dimensiunile determinate din expresia (1.25), iar ca abscise se iau chiar valorile din planul M , care se transpun pe planul N . Se obține, astfel, reprezentarea afină a punctelor de aceeași cotă.

5. În mod analog se transpun punctele din desen, de cotă mai mare sau mai mică. Însă înainte de a le transpune pe planșa cu construcția afină, se trasează pe aceasta o nouă axă afină la distanța $\eta = h \cos \varphi$ de prima axă afină, paralelă cu ea. Punctul de origine al primei axe afine se transpune coborînd o perpendiculară pe noua axă.

Ordonatele Y_F ale punctelor noi, luate din desen, sunt transformate, micșorându-le cu ajutorul ecuației cunoscute, iar ordonatele afine noi, astfel obținute (Y_f), pentru care se păstrează aceleași abscise din planul desenului, sunt transpuse pe planșa cu construcția afină, folosind noua axă afină. Se obține astfel reprezentarea unei noi serii de puncte de aceeași cotă.

Nu este greu să se imagineze că deplasarea axei afine la o creștere a cotelor se face într'un sens, iar la descreșterea lor se face în sens invers. Pentru ridicarea perpendicularelor — ordonatelor, cum și pentru copierea și transportul absciselor este ușor să se folosească hârtie milimetrică transparentă. Pentru obținerea ordonatelor Y_f , este practic să se folosească compasul reductor. În lipsa compasului, Y_f se poate determina cu ajutorul riglei logaritmice.

Mărimile Y_f și η se pot determina, deasemenea, grafic cu ajutorul nomogramelor — roza unghiurilor (fig. 53). Pentru aceasta se iau valorile Y_F și h la scara aleasă și se așează pe dreptele înclinate corespunzător cu valorile φ , iar Y_f și η se determină din aceeași scară. Dacă, însă, imaginea spațială obținută a obiectului nu

corespunde cerințelor de sugestivitate, există două posibilități de a schimba condițiile de reprezentare, și anume prin: 1. variația unghiului φ și 2. prin variația direcției de proiectare.

Exemplu. Se dă planul (schema) complexului de lucrări miniere (fig. 54). Să se execute după schemă planșa proiecției afine. Direcția de proiecție este indicată în plan prin săgeata $\varphi = 50^\circ$.

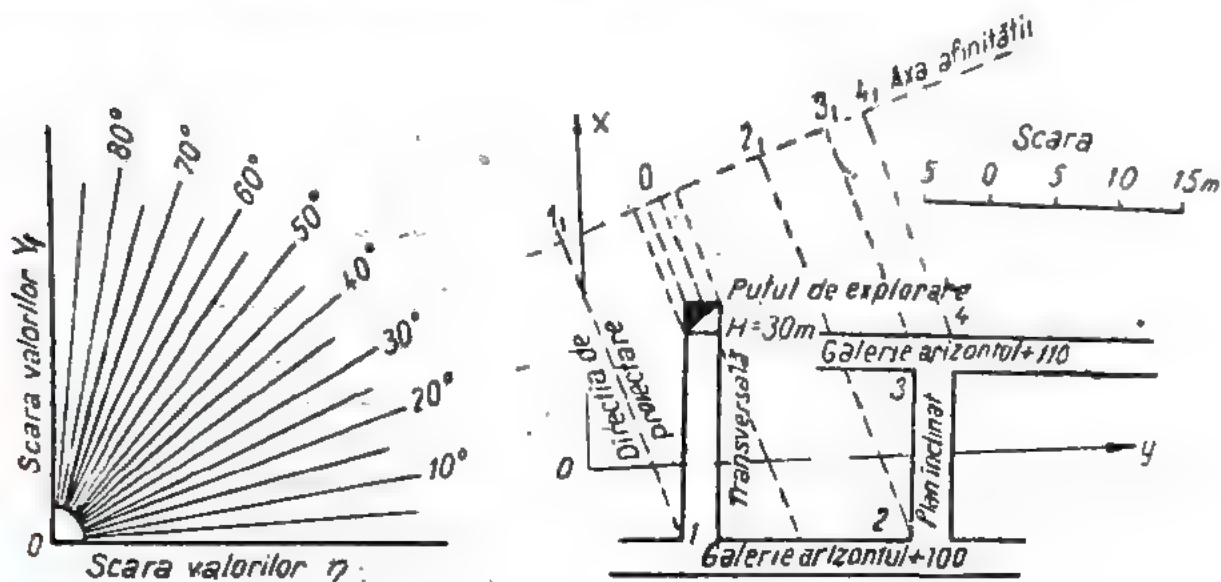


Fig. 53

Fig. 54

Rezolvare. 1. Pe planul perpendicular pe direcția de proiectare aleasă, se duce axa afină. Pentru a nu încărcă planșa, este mai ușor să se ducă axa în afara complexului reprezentat. Se alege pe ea punctul origine, față de care se determină abscisele punctelor care urmează să fie transportate pe planșa afină, de exemplu: $0-1_1$, $0-2_1$, $0-3_1$, etc.

2. Pe planul perpendicular pe axa afină se duce ordonata Y_F pentru toate punctele de aceeași cotă, de exemplu: pentru punctele de cotă $+100$, ordonatele lor vor fi dreptele 1_1-1 , 2_1-2 , etc.

3. Pe o coală de hârtie pe care se va face reprezentarea afină, se duce axa afină pentru punctele cu cota $+100$ (fig. 55), astfel încât desenul să se încadreze în planșe după dorință; se înseamnă punctul origine pe axa afină și se transportă din fig. 54 abscisele $0-1_1$, $0-2_1$, etc., ale tuturor punctelor de cota $+100$, fără nicio schimbare. Acestea vor fi segmentele de pe axa afină $0-1'_1$, $0_1-2'_1$, etc.

4. Din punctele astfel obținute $1'_1$, $2'_1$, etc. din fig. 55, se construiesc ordonatele Y_f , perpendiculare pe axa afină, conform formulei $Y_f = Y_F \sin \varphi$; acestea vor fi segmentele $1_1-1'$, $2_1-2'$, etc.

Astfel, toate punctele planului (fig. 54) cu cota $+100$ sunt transportate pe desenul spațial (fig. 55). În desenul spațial, punctele se unesc prin drepte, în aceeași ordine ca în realitate.

5. Pentru reprezentarea afină a punctelor de cota $+110$ se procedează în mod analog. Punctele 3, 4, etc., sunt proiectate perpendicular pe axa afină în punctele 3_1 , 4_1 , etc. Pentru transportarea

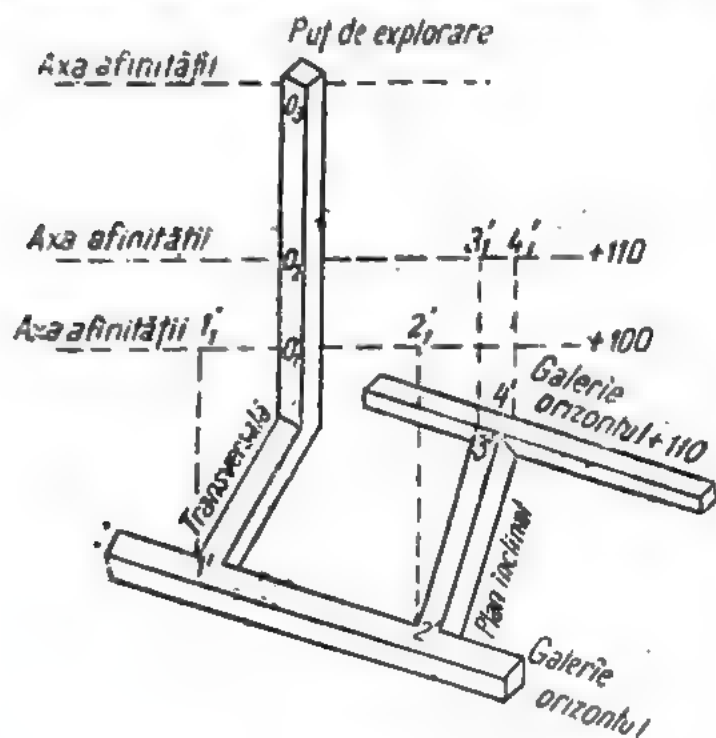


Fig. 55

lor pe fig. 55, se construiește pe aceasta o a doua axă afină, la distanță de prima $\eta = 10 \cos \varphi$. Se transpune punctul origine de pe prima axă prin coborîrea unei perpendiculare din el pe noua axă afină. Din punctul origine O_2 , astfel obținut, se iau abscisele O_2-3_1 , O_2-4_1 , etc., corespunzător egale cu abscisele din plan $O-3_1$, $O-4_1$, etc. Din punctele $3_1'$, $4_1'$, etc. (fig. 55) se duc ordonatele Y_f , $3_1'-3'$, $4_1'-4'$, etc. Se obține astfel reprezentarea punctelor cu cota $+110$.

Unind aceste puncte, atât

între ele, cât și cu punctele proiectate înainte pentru cota $+110$, se obține reprezentarea lucrărilor miniere la cotele $+100$ și $+110$, cum și reprezentarea lucrărilor miniere care unesc aceste orizonturi. Pentru reprezentarea puțului de explorare se folosește proiecția sa la orizontul $+100$ și la adâncimea H . Problema se reduce la construirea câtorva puncte care determină secțiunea puțului de explorare al orizontul $+130$. Astfel se construiește reprezentarea afină a corpurilor de orice complexitate. Toate liniile punctate în fig. 54 și 55 se trasează numai în creion, fiind linii ajutătoare. După executarea desenului, liniile punctate se șterg.

Metoda reprezentării afine este atât de simplă, și noul sistem de coordonate afine este atât de comod în executarea proiecțiilor, încât merită toată atenția din partea topografilor minieri și a geologilor. La executarea reprezentării afine a corpurilor de minereu, reprezentate în plan prin isolinii, lucrarea va merge încet, din cauza numărului mare de puncte necesare trasării exacte a curbelor isolinii. În acest caz, este nevoie de dispozitivul de desen, care permite obținerea

în mod mecanic a imaginii spațiale a corpului, după proiecția sa orizontală (din planșă). Astfel de dispozitive se numesc *afinografe*.

Construcția lor este simplă și se bazează pe următoarele principii:

1. la conturarea planului, toate liniile din desenul de bază, paralele cu axa afină, trebuie să se transporte mecanic pe desenul afin, paralel cu această axă și cu aceeași lungime;

2. toate liniile planșei de bază (desenului), perpendiculare pe axa afină, trebuie să fie transportate mecanic pe desenul spațial perpendicular pe axa afină cu aceeași micșorare a acestor lungimi, care corespunde valorii unghiului de înclinare al razelor de proiecție φ . Până în prezent nu s'a realizat un afinograf perfect.

§ 5. PROIECȚIA CENTRALĂ

1. OBSERVAȚII GENERALE

Între problemele care se întâlnesc adeseori în geometria minieră, sunt problemele de construcție, în care se cere determinarea valorilor unghiulare. În acest caz, va fi nevoie să se determine unghiul dintre două direcții, dintre două plane, cum și dintre o direcție și un plan.

Aceste sisteme de construcții se realizează ușor prin proiecția centrală. Pentru aceasta, toate direcțiile și planele date în spațiu se transportă paralel cu ele însăși într'un punct, în jurul căruia se descrie o sferă de rază R . Sfera va da cu planele și cu dreptele date intersecții sub formă de cercuri și puncte. Aceste intersecții, fiind transportate pe un plan oarecare printr'un fascicol de raze de proiecție, permit să se determine ușor unghiurile căutate între direcțiile și planele date.

În funcție de caracterul poziției reciproce a centrului de proiecție (punctul de observație) și a planului de proiecție față de sferă, se obțin diferite proiecții, și anume:

a) *Proiecția liniară*. Centrul de proiectare este situat în centrul sferei, iar planul de proiecție este tangent la sferă în punctul Z (fig. 56). Proiecțiile direcțiilor și ale planelor se obțin sub forme ușor de desenat prin puncte și drepte. Distanța dintre ele și punctul fix Z depinde de unghiurile de înclinare φ ale direcțiilor și planelor față de planul de proiecție și se determină cu expresia:

$$\overline{Zm} = R \operatorname{ctg} \delta = R \operatorname{tg} (90^\circ - \delta) \quad (1.27)$$

Desavantajul acestei proiecții constă în faptul că, pe măsură ce se micșorează unghiul δ , proiecțiile direcțiilor și ale planelor se depărtează repede din limitele desenului (fig. 57). În adevăr, cu cât δ

se micșorează, cu atât proiecția liniară se depărtează de punctul principal de proiecție Z .

b) *Proiecția stereografică.* Centrul de proiectare se află pe suprafața sferei, la capătul diametrului ZZ' , perpendicular pe planul de proiecție, în punctul Z' . Planul de proiecție K trece prin centrul sferei (fig. 58). Această proiecție nu mai are dezavantajul caracteristic proiecției liniare, și anume că direcțiile și planele cu valori mici ale unghiului de înclinare, sunt reprezentate ușor și exact în limitele desenului. Proiecțiile direcțiilor și ale planelor, vor fi reprezentate sub formă de cercuri, drepte și puncte. De exemplu, direcția BC va fi reprezentată în proiecția stereografică prin segmentul bc . Deoarece, după condițiile de proiectare, toate direcțiile trec prin

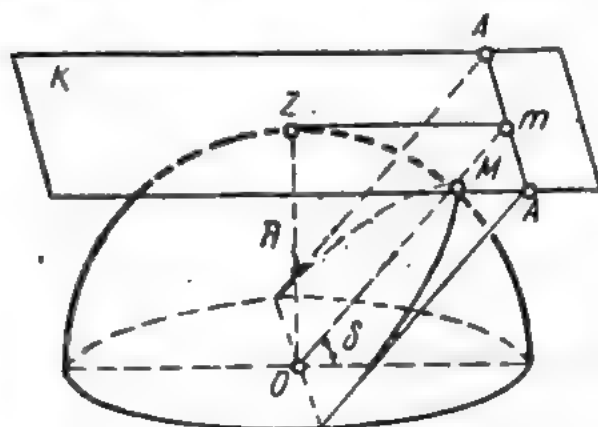


Fig. 56

centrul sferei (punctul O), direcția BC va fi perfect determinată prin poziția unui punct b . Planul care trece prin direcția BC , dă, pe sferă, cercul mare $CEBD$, a cărui proiecție stereografică pe planul K va fi reprezentată, după cum se va demonstra mai jos, prin cercul $cEbD$. În limitele cercului de pe planul orizontal (secțiunea sferei

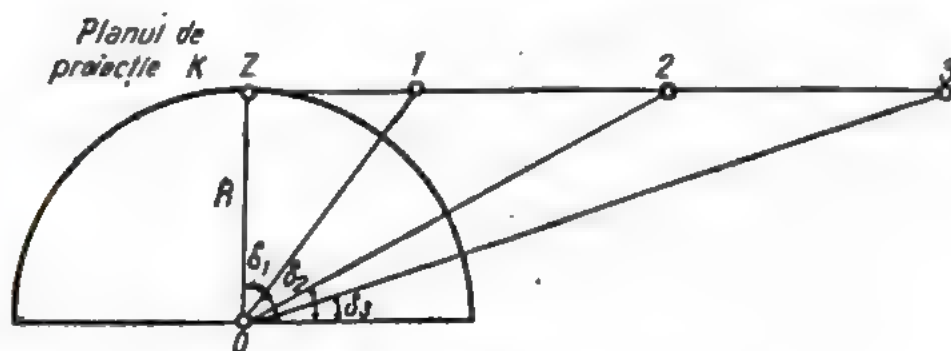


Fig. 57

cu planul K), proiecția stereografică a planului $CEbD$ va fi reprezentată prin arcul EbD al acestui cerc. Dreapta \overline{ED} , fiind dreapta de intersecție a planului înclinat $CEbD$ cu planul K , va fi chiar direcția ei. Segmentul \overline{Ob} este proiecția dreptei \overline{OB} . Dacă \overline{OB} este linia de pantă a planului $CEbD$, \overline{Ob} este proiecția stereografică a liniei de pantă a planului.

Din fig. 58 rezultă că unghiurile de înclinare δ față de planul orizontal de proiecție al planului $CEBD$ și a direcției BC se vor determina prin segmentul \overline{Ob} , din următoarea expresie:

$$\overline{Ob} = R \operatorname{tg} \left(\frac{90^\circ - \delta}{2} \right). \quad (1.28)$$

Normala la planul $CEBD$ în punctul O , la intersecția cu sfera, dă punctul P , numit pol. Proiecția sa stereografică (punctul p) se numește proiecția gnomostereografică a planului $CEBD$.

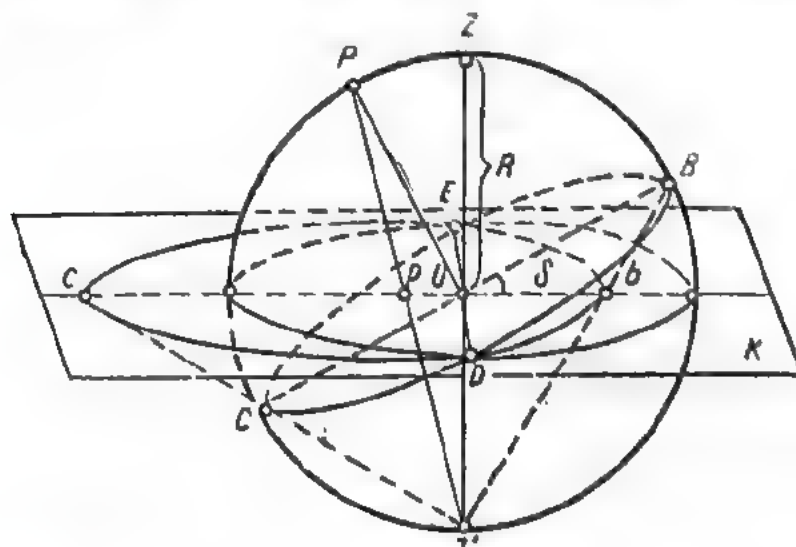


Fig. 58

Din formulele (1.27) și (1.28) rezultă că, pentru determinarea lui $\overline{Z_m}$ și \overline{Ob} , cum și pentru determinarea distanței zenitale ($90^\circ - \delta$)

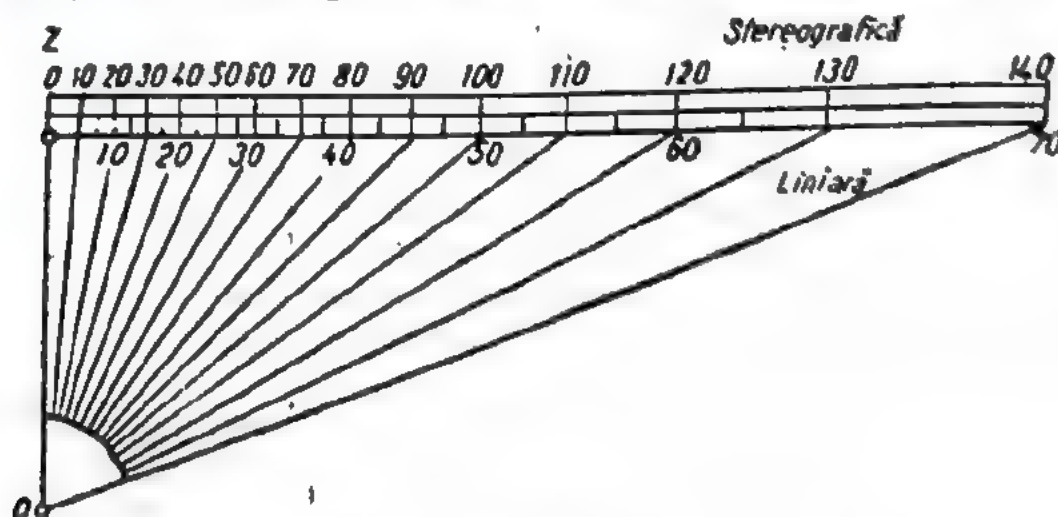


Fig. 59

și a unghiului β , este mai bine să se folosească scara tangentelor. În fig. 59, o asemenea scară este reprezentată din 5° în 5° pentru $R=5$ cm. Cifrele de sus se referă la scara stereografică, iar cele

de jos, la proiecția lulară. Prima este mai puțin precisă, din punct de vedere grafic, pentru valorile mari ale unghiului δ , iar a doua nu dă valorile tangentei pentru unghiurile $\delta > 20^\circ$.

2. PROIECȚIA LINIARĂ ȘI GNOMONICĂ

a) Proiecția lulară și gnomonică a direcțiilor și a planelor

Pentru determinarea mărimilor unghiulare cu ajutorul proiecției liniare, s'au imaginat toate direcțiile și planele trecând prin centrul sferei, care a fost considerat, în același timp, și ca centru de proiecție. În fig. 56 s'a însemnat acest punct cu litera O . Planul de proiecție K se ia, de obicei, orizontal. Punctul de intersecție al diametrului vertical ZZ' al sferei cu planul K coincide cu proiecția punctului O pe planul K și se numește punctul principal, fiind notat în fig. 56 cu litera Z .

Direcțiile și planele, care fac cu planul de proiecție unghiuri mult mai mici decât 45° , au proiecțiile liniare mult depărtate de proiecția punctului principal Z . Pentru ca toate construcțiile să fie cuprinse sigur în limita desenului, se mai introduce o proiecție ajutoare, numită gnomonică, permițând să se facă trecerea dela o direcție la planul perpendicular pe ea și, invers, dela plan la o direcție perpendiculară pe plan.

Proiecția liniară a planului, perpendiculară pe direcția dată, este proiecția gnomonică a acestei direcții, iar proiecția liniară a direcției perpendiculare pe planul dat, este proiecția gnomonică a planului. Prin urmare, proiecția liniară a unei direcții va fi un punct, iar proiecția gnomonică a unui punct va fi o linie dreaptă. Invers, proiecția liniară a planului va fi o dreaptă și proiecția gnomonică, un punct.

Pentru a se obține o determinare mai precisă, se poate conveni să se noteze cu litere mari din prima jumătate a alfabetului proiecțiile liniare ale direcțiilor și ale planelor, iar cu aceleași litere, însă mici, proiecțiile lor gnomonice. Punctele (direcțiile) de proiecție se vor însemna cu o singură literă, iar dreptele (planele) se vor nota cu două litere de același fel.

Proiecția liniară și gnomonică a unui și aceluiași element se înseamnă cu aceleași litere. De exemplu, proiecția gnomonică a planului AA se înseamnă cu a , iar proiecția gnomonică a direcției A va trebui însemnată cu literele aa . Cu ajutorul proiecțiilor liniare și gnomonice se rezolvă probleme de geometrie minieră de următoarele tipuri:

a) din elementele date de direcție și înclinare să se construiască proiecțiile liniare ale planelor și ale direcțiilor;

b) din proiecțiile liniare ale direcțiilor și ale planelor să se determine elementele lor de înclinare și direcție;

c) să se determine unghiurile formate între direcții și plane.

Se vor analiza aceste probleme:

Fie date elementele de direcție și înclinare ale planului A (δ, α) și ale dreptei (δ_0, α_0). Să se construiască proiecțiile lor liniare și gnomonice. Mersul construcției este reprezentat în fig. 60, unde ZX este sensul pozitiv al axei absciselor, iar Z este punctul principal de proiecție.

Din fig. 56 și din definiția proiecției liniare, rezultă că înclinarea planului dat și a dreptei are direcția către punctul principal de proiecție Z . La construirea proiecției liniare a planului se va suprapune triunghiul ZOm , situat în planul vertical (fig. 56), rotindu-l în jurul laturii Zm , în planul de proiecție. Suprapunerea executată permite să se explice metoda de construcție a proiecției planului.

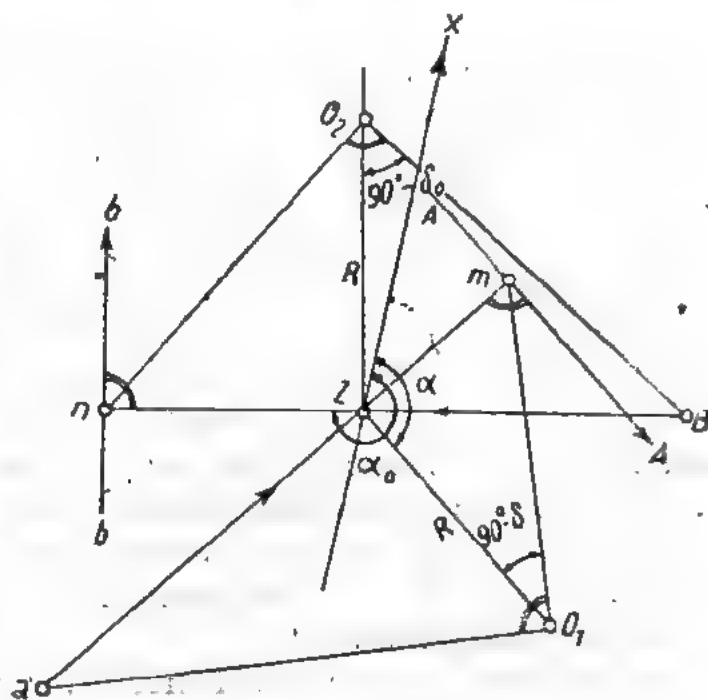


Fig. 60

După direcția dată (α) a planului se duce prin punctul Z o dreaptă pe lungimea căreia se ia raza sferei R (fig. 60). Mărimea razei se ia arbitrar, de obicei de 5 cm. Perpendicular pe direcția planului, trasată din punctul Z , se duce linia de pantă a planului. Apoi, în punctul O_1 dela dreapta O_1Z , în direcția pantei planului, se construiește unghiul egal cu distanța zenitală a planului ($90^\circ - \delta$). Latura a doua a acestui unghi, la intersecția cu linia de pantă a planului, dă punctul m , care se găsește pe planul de proiecție. Dreapta AA' , care trece prin punctul m și este paralelă cu $\overline{ZO_1}$, va fi proiecția liniară căutată a planului. Se construiește proiecția gnomonică a planului dat. Din cele expuse, rezultă că proiecția planului se construiește ca proiecția liniară a dreptei, perpendiculară pe planul dat. În legătură cu aceasta, se construiește din punctul O_1 dela latura O_1m , în direcția pantei planului, un unghi drept, și se prelungește a doua sa latură până la intersecția cu prelungirea dreptei \overline{mZ} , în punctul a . Punctul a este proiecția gnomonică căutată a planului.

La construirea proiecției liniare a direcției date BO se duce, prin punctul principal de proiecție Z , o dreaptă perpendiculară pe direcția

α_0 (fig. 60), construind astfel dreapta $\overline{ZO_2} - R$. În punctul O_2 se construiește unghiul $(90^\circ - \delta_0)$. Punctul obținut B este proiecția liniară a direcției date. Astfel, aici, ca și la construcția proiecției liniare a planului, se folosește triunghiul vertical ZOm (fig. 56), suprapus peste planul de proiecție. Proiecția gnomonică a direcției este o dreaptă, care, în același timp, este proiecția liniară a planului, perpendiculară pe direcția dată. Pentru determinarea ei, se construiește din punctul O_2 , dreapta $\overline{O_2n}$, perpendiculară pe dreapta $\overline{O_2B}$. Prin punctul de intersecție al dreptelor Bn și $\overline{O_2n}$ se duce linia bb sub un unghi de direcție $\alpha_0 + 90^\circ$. Dreapta bb va fi proiecția gnomonică căutată a direcției BO . Necesitatea trecerii dela proiecția liniară la proiecția gnomonică, sau invers, este impusă de comoditatea și de precizia construcției. Ultimele sunt determinate prin valorile unghiurilor pantei față de planul orizontal al direcțiilor și al planelor date. Pentru $\delta(\delta_0) \leq 45^\circ$, se recomandă folosirea proiecției gnomonice, iar pentru toate celelalte mărimi, proiecția liniară.

S'a analizat mai sus construcția direcțiilor și a planelor, după elementele lor de direcție și înclinare, în proiecția gnomonică și liniară. Întrucât construcția proiecției gnomonice și a celei liniare este aceeași, și diferența constă numai din înlocuirea planului prin direcție sau a direcției prin plan, se va analiza mai jos rezolvarea problemelor numai în proiecția liniară.

Se va insista asupra problemei inverse celei cercetate mai sus și anume: după proiecția liniară, să se determine elementele de direcție și înclinare ale direcției sau ale planului.

Din fig. 60 rezultă că această problemă se rezolvă simplu. Fie proiecția liniară a planului AA . Direcția planului AA se va găsi, măsurând unghiul dintre direcția axei x în sensul pozitiv, și dreapta AA . Înclinarea planului este îndreptată către punctul principal de proiecție Z . Pentru determinarea valorii unghiului de pantă δ , se coboară perpendiculara din punctul Z pe dreapta AA . Se duce $\overline{ZO_1} \perp \overline{Zm}$, iar punctul O_1 se unește cu punctul m . Unghiul O_1mZ va fi unghiul de pantă al planului. Acesta poate fi măsurat direct, sau poate fi determinat prin segmentul mZ , cu ajutorul scării tangentelor, pentru proiecția liniară.

Se dau proiecția liniară a dreptei și punctul B (fig. 60). Să se determine elementele sale de înclinare și de direcție.

Se unesc cu o dreaptă punctele B și Z . Direcția \overline{BZ} determină direcția dreptei. Din punctul Z se duce o dreaptă perpendiculară pe \overline{ZB} și se ia pe această dreaptă raza sferei R . Punctul O_2 astfel obținut se unește cu B .

Unghiul $\angle ZBO_2$ este unghiul de pantă δ_0 . Acest unghi poate fi determinat tot atât de ușor prin segmentul \overline{BZ} și cu ajutorul scării li-

niare. Adeseori se întâlnește în geometria minieră probleme ca determinarea elementelor de înclinare și de direcție ale planului, care este dat prin două direcții (problema „benzilor încrucișate”). Această problemă se rezolvă ușor prin proiecție liniară.

Fie două drepte conținute într'un plan, date prin elementele lor de înclinare și de direcție. Se cere să se determine elementele de în-

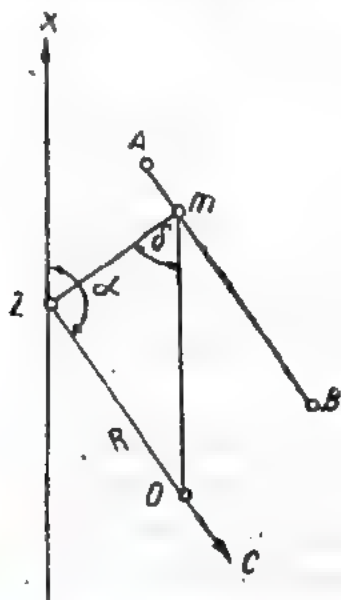


Fig. 61

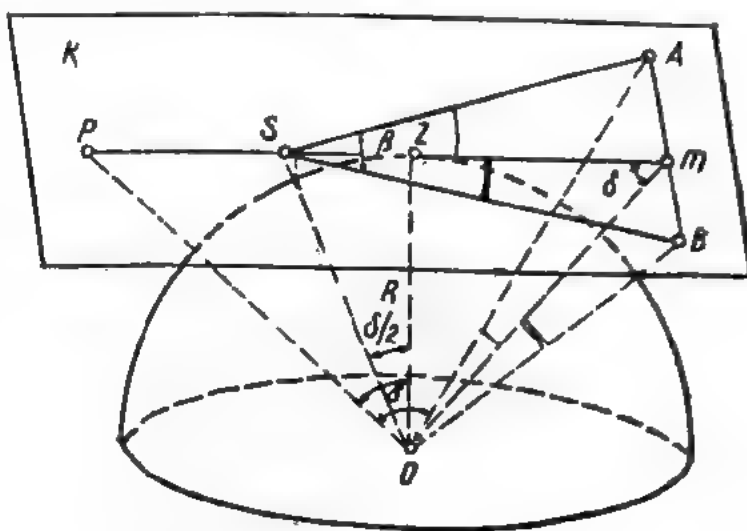


Fig. 62

clinare și de direcție ale planului. Din elementele date se construiesc proiecțiile liniare ale dreptelor, care sunt punctele A și B (fig. 61). Acestea, fiind în același timp atât în planul dat, cât și în planul de proiecție, au aceleași cote, deci se află pe direcția planului dat. Ducând prin punctul Z direcția ZC , paralelă cu dreapta AB , se va găsi unghiul de direcție α al planului.

Pentru determinarea unghiului de pantă al planului, se ridică perpendiculară Zm pe dreapta AB ; și pe dreapta ZC se ia raza sferei R . Se unește punctul O cu punctul m . Unghiul $OmZ = \delta$ va fi unghiul de pantă al planului.

Despre problema „benzilor încrucișate” se va trata mai pe larg în partea II.

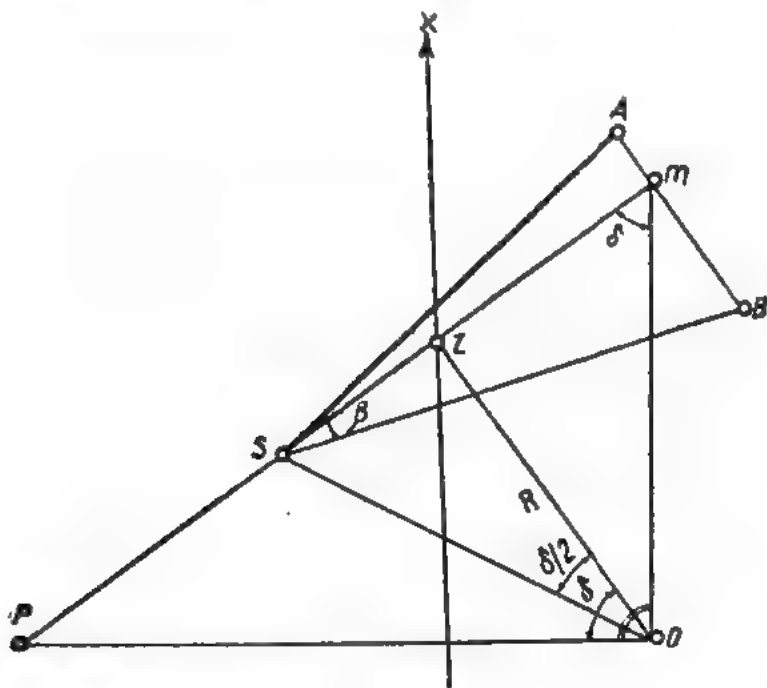
b) Determinarea unghiurilor în proiecția liniară

Determinarea unghiului dintre direcții (drepte)

Teoremă: Pentru a construi pe planșă unghiul în adevărata mărime β , între dreptele OA și OB , ale căror proiecții liniare A și B sunt date, trebuie să se ducă întâi dreapta AB și să se ridice pe ea perpendiculara Zm (fig. 62); se duce pe ultima perpendiculara $ZO = R$, și se unește punctul O cu punctul m ; apoi, în punctul O , se ridică

Scanned with CamScanner

Dreapta ZO este perpendiculară pe linia AB , care este conținută în acest plan. Din această cauză, planul OZm , care este perpendicular pe dreapta AB , este perpendicular și pe planul AOB , adică unghiurile AmO și BmO sunt drepte.



Pentru găsirea punctului S , prin metode grafice, se ridică perpendiculara \overline{OP} în planul SOM pe dreapta $m\overline{O}$, iar unghiul POZ este împărțit în jumătate cu bisectoarea OS . În

Mai departe se vor cerceta două perechi de triunghiuri: $\triangle SmA$, $\triangle OmA$, și $\triangle SmB$, $\triangle OmB$; $\triangle SmA = \triangle OmA$ (cateta Am este comună, $\overline{Sm} = \overline{Om}$); $\triangle SmB = \triangle OmB$ (cateta Bm este comună, $\overline{Sm} = \overline{Om}$); prin urmare, $\overline{SA} = \overline{OA}$ și $\overline{SB} = \overline{OB}$. Deaceia, $\angle ASB = \angle AOB = 48^\circ$ ceea ce era de demonstrat.

Determinarea unghiului dintre plane

84

proiecției m cu punctul principal de proiecție Z : perpendicular pe \overline{Zm} se duce dreapta \overline{ZO} , egală cu raza sferei R , și se unește punctul O cu punctul m ; unghiul ZOm se împarte în două cu bisectoarea \overline{OP} ; din punctul P se ridică o perpendiculară pe dreapta \overline{Zm} , până la intersecția ei cu proiecțiile planelor în punctele S și T . Punctele obținute S și T se unesc cu punctul Z . Unghiul SZT este cel căutat.

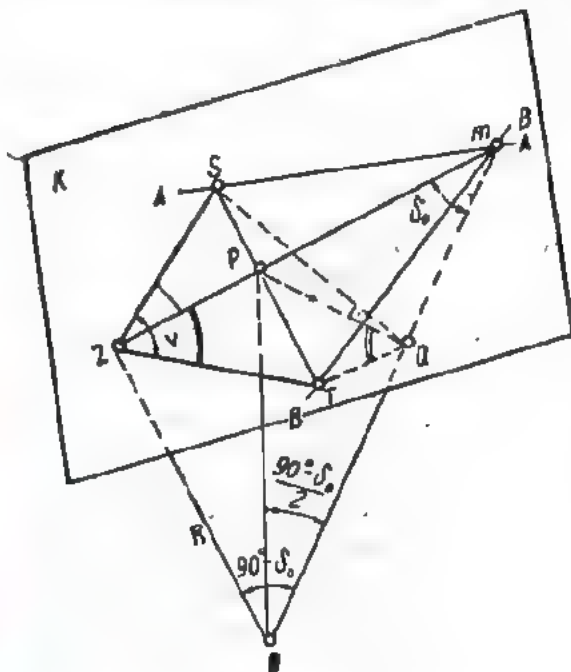


Fig. 64

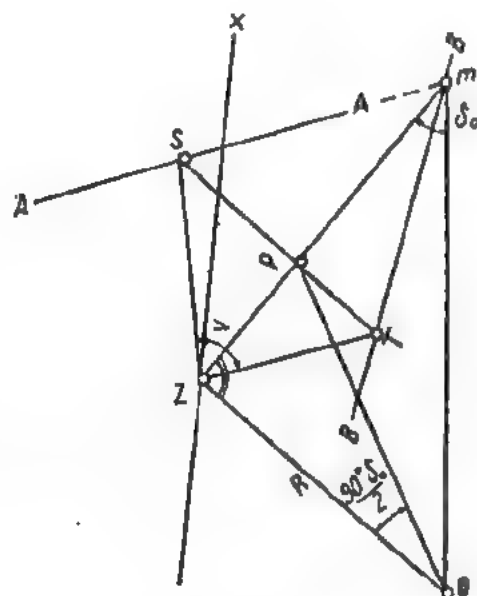


Fig. 65

Demonstrație. Dreapta mZ (fig. 64) este proiecția intersecției planelor. Prin construcție, $\overline{mZ} \perp \overline{ST}$. Triunghiul \overline{OZm} , prin construcție, se găsește în planul vertical. Perpendiculara \overline{PQ} pe linia de intersecție \overline{Om} se găsește, deasemenea, în planul vertical. Prin urmare, $\overline{PQ} \perp \overline{ST}$, iar triunghiurile $\triangle SPQ$ și $\triangle TPQ$ sunt dreptunghice. $\triangle OZP = \triangle OQP$, deoarece ambele sunt dreptunghice, ipotenuza \overline{OP} este comună și unghiurile ascuțite sunt egale.

Prin urmare, $\overline{ZP} = \overline{PQ}$; apoi, mai departe, $\triangle SPZ = \triangle SPQ$ și $\triangle TPZ = \triangle TPQ$, din egalitatea a două catete; prin urmare

$$\angle SPZ = \angle SPQ$$

și

$$\angle TZP = \angle TQP,$$

de unde

$$\angle SZT = \angle TQS = v,$$

ceea ce era de demonstrat.

Conform celor reprezentate în fig. 65, s'a efectuat determinarea unghiului real v între două plane. Mersul construcțiilor se poate înțelege și fără explicații.

În fig. 66 este reprezentată rezolvarea problemei analoage, pentru cazul când proiecțiile liniare ale planelor se intersectează în afara limitelor planșei. Se va analiza acest caz special.

Fie în fig. 66 punctul Z , punct principal de proiecție, și dreptele AA și BB proiecții liniare ale planelor, pentru raza sferei egală cu R . În acest caz, ca și la rezolvarea problemei precedente, pentru a determina mărimea adevărată a unghiului ν dintre aceste plane, este necesar să se construiască linia de intersecție și să se calculeze unghiul

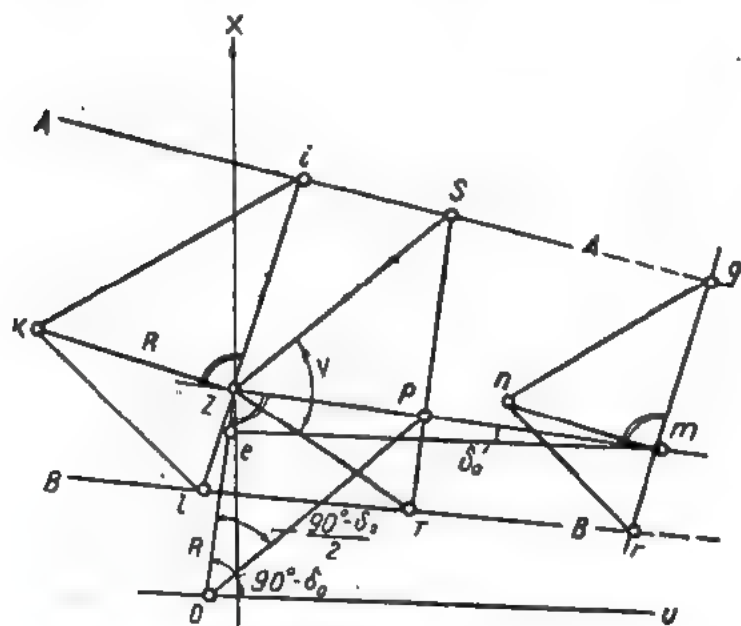


Fig. 66

ei de înclinare față de planul orizontal. Pentru aceasta trebuie să se folosească principiul de proporționalitate și de asemănare. Se iau două secțiuni verticale, paralele cu direcțiile il și qr , prima trecând prin punctul Z . În fig. 66 este reprezentată suprapunerea lor cu planul, prin conturul ikl . Punctul k de pe linia de intersecție se află mai jos decât punctul Z cu distanța egală cu raza sferei R .

Secțiunea verticală după linia qr este reprezentată în figură prin conturul qnr ; punctul n , fiind deasemenea pe linia de intersecție, se află mai jos decât punctul m (planul desenului) la distanța mn . Punctele Z și m , fiind proiecțiile punctelor k și n , caracterizează poziția liniei de intersecție a planelor în desen. Diferența de cotă între k și n ($ZK - mn = Ze$) față de planul desenului, caracterizează unghiul δ_0 al înclinației liniei de intersecție față de planul orizontal. Dreapta $Ou \parallel em$ dă poziția suprapusă pe plan a liniei de intersecție. Știind că $\angle ZO u = 90^\circ - \delta_0$, se obține punctul P și unghiul ν , așa cum s'a procedat în problema generală.

Un caz mai particular decât cel expus mai sus va fi acela, când proiecțiile liniare ale planelor sunt paralele între ele. În acest caz, linia de intersecție a planelor în desen va trece prin punctul Z și va fie paralelă cu proiecțiile lor, adică va fi orizontală. Dacă este suprapusă pe plan, poziția dreptei de intersecție va fi deasemenea paralelă cu proiecțiile planelor. Rezultă deci că $ZP = ZO = R$, de unde se va găsi ușor punctul P și se va construi unghiul ν .

Determinarea unghiului dintre dreaptă și plan

Pentru rezolvarea acestei probleme se pot folosi concluziile privitoare la determinarea unghiului dintre două drepte. O imagine în spațiu a raporturilor geometrice dintre elementele date în problemă este redată în fig. 67 *a*. Aici sunt reprezentate planul A și dreapta Bb' . Se cere să se determine unghiul ν dintre dreaptă și plan. Cum rezultă din fig. 67 *a*, unghiul căutat ν este format de dreapta dată

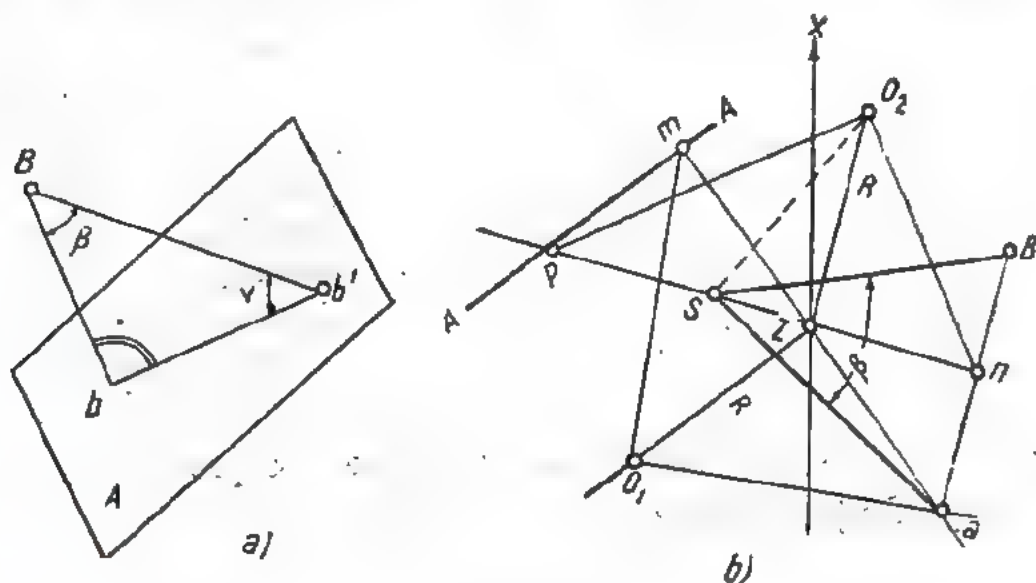


Fig. 67

și de proiecția ei ortogonală (bb') pe planul A . Acest unghi este egal cu complementul până la 90° față de unghiul β cu vârful în B . Acesta din urmă este format de dreapta dată și de normala Bb la planul A . Prin urmare, problema se reduce la rezolvarea unei probleme deja cunoscute, și anume, la determinarea unghiului $b'Bb = \beta$ dintre dreptele Bb' și Bb , după care, unghiul căutat se va calcula din expresia

$$\nu = 90^\circ - \beta. \quad (1.29)$$

Problema se rezolvă în proiecție liniară.

Din elementele date ale direcției și înclinării planului și ale dreptei se construiesc proiecțiile lor liniare, punctul B și dreapta AA' . Ele sunt reprezentate în fig. 67, *b*. Proiecția liniară a normalei la planul A sau proiecția gnomonică a acestui plan se vor reprezenta prin punctul a . Există astfel proiecțiile liniare a două direcții, a dreptei date (punctul B) și a normalei la planul A (punctul a).

În continuare, după metoda deja cunoscută, se determină unghiul β între aceste direcții. Scăzându-l din 90° , se obține unghiul căutat ν .

c) Dependența dintre elementele proiecției liniare și gnomonice

Fig. 68 reprezintă raportul dintre proiecția liniară și gnomonică. Sunt date: O — centrul sferei; Z — punctul principal al proiecției;

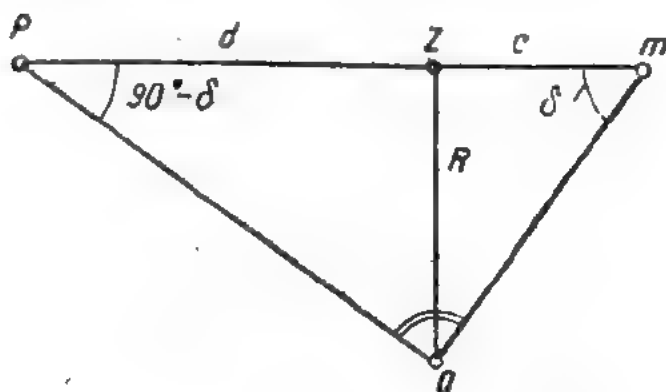


Fig. 68

$ZO = R$ — raza sferei (gnomonice); $Zm = c$ — distanța dintre proiecția liniară a direcției sau a planului și punctul principal de proiecție Z ; $ZP = d$ — distanța dintre proiecția gnomonică a direcției sau a planului și punctul principal de proiecție Z .

Din triunghiurile OZm și OZP rezultă:

$\frac{c}{R} = \frac{R}{d}$ sau $cd = R^2$, din care se obține o expresie analitică simplă a dependenței dintre c și d , și anume:

$$c = \frac{R^2}{d}; \quad d = \frac{R^2}{c}. \quad (1.30)$$

Din caracteristicile cazurilor fundamentale, din teoremele proiecției liniare, cum și din analiza construcțiilor la rezolvarea unor probleme tipice de geometrie minieră, rezultă că proiecțiile liniare sunt comode pentru determinarea mărimilor unghiulare.

3. PROIECȚII STEREOGRAFICE

a) Proprietăți fundamentale și teoreme

Superioritatea proiecției stereografice constă în faptul, că toate construcțiile se pot face în limita cercului de bază. Datorită următoarelor trei proprietăți, proiecția stereografică este ușor aplicabilă pentru determinarea mărimilor unghiulare.

1. În interiorul cercului de bază (secțiunea sferei cu planul de proiecție) se poate reprezenta în întregime semisfera superioară.

2. Proprietatea fundamentală a proiecției stereografice constă în egalitatea unghiurilor (este o proiecție conformă). Mărimea unghiurilor dintre arcele cercului, care reprezintă planele în proiecția stereografică, este egală cu mărimea reală a unghiurilor dintre plane.

3. Circumferințele cercurilor mari și ale celor mici sunt reprezentate în proiecție stereografică prin cercuri (arce de cerc) și, în

cazuri particulare (la reprezentarea planelor verticale), prin drepte. Pentru generalizare, ultimele pot fi considerate ca arce ale cercurilor cu raza infinit de mare. Proiecția planului este un cerc.

Prima proprietate a fost lămurită la începutul acestui capitol.

Se vor demonstra celelalte două proprietăți.

Teoremă. Proiecția stereografică este proiecția echiunghiulară (conformă), adică unghiul dintre proiecțiile liniilor sferice (cercurilor mari) este egal cu înșuși unghiul dintre linii pe sferă.

Unghiul dintre liniile curbe din spațiu se măsoară cu unghiul dintre tangentele la curbe în punctul lor de intersecție. Fie punctul A de pe sferă (fig. 69), intersecția a două cercuri mari. Dreptele \overline{AB} și \overline{AC} sunt tangente la liniile sferice arătate (care nu sunt reprezentate în figură). Punctele B și C sunt puncte de intersecție ale tangențelor, cu planul de proiecție K . În acest caz unghiul $BAC = \beta$ va reprezenta măsura unghiului dintre liniile sferice. Punctul a este proiecția punctului A al sferei. Dreptele \overline{aB} și \overline{aC} sunt proiecțiile dreptelor \overline{AB} și \overline{AC} .

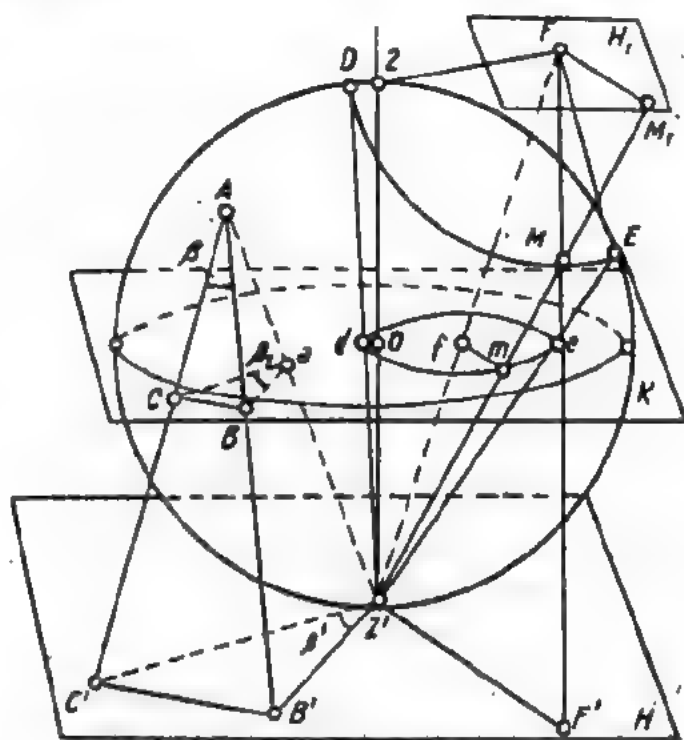


Fig. 69

Intrucât proiecțiile tangențelor la curbe sunt înseși tangente la proiecțiile curbilor, unghiul $BaC = \beta_1$ este măsura unghiului dintre liniile curbe, care este proiecția unghiului dintre curbe în punctul A . Pentru demonstrarea teoremei este destul să se arate că $\beta = \beta_1$.

Dreptele \overline{AB} și \overline{AC} sunt tangente la curbele de pe sferă și tangente la sferă. Se prelungesc până la intersecția lor cu planul H în punctele B' și C' (fig. 69). Planul H este tangent la sferă în punctul Z . Se unesc punctele Z, B', C' și A, B', C' prin drepte și se notează unghiul $B'ZC'$ cu β' . Laturile triunghiurilor aBC și $Z'B'C'$ sunt corespunzător paralele una cu cealaltă, ca fiind formate de drepte de intersecție ale planelor $AC'B', AB'Z'$ și $AZ'C'$, cu două plane paralele între ele, K și H . Rezultă că $\overline{aB} \parallel \overline{Z'B'}$, $\overline{aC} \parallel \overline{Z'C'}$ și $\angle \beta' = \angle \beta_1$, ca unghiuri cu laturi paralele. Rămâne să se demonstreze că unghiul

$\beta' = \beta$. Triunghiurile $C'B'A$ și $C'B'Z'$ sunt egale, deoarece latura $C'B$ este comună ambelor triunghiuri, iar $C'Z' = C'A$, $B'Z' = B'A$, ca tangente la sferă în punctele comune C' și B' . Astfel $\triangle C'B'A = \triangle C'B'Z'$. De aici rezultă că atât unghiurile corespunzătoare, cât și unghiurile β și β' sunt egale, adică $\angle \beta' = \angle \beta$.

Dar deoarece $\angle \beta_1 = \angle \beta'$, rezultă

$$\angle \beta_1 = \angle \beta \quad (1.31)$$

cece era de demonstrat.

Să se demonstreze a treia proprietate.

Teoremă. Proiecția cercului (planului) este un cerc. Demonstrația se va face la plane care, în secțiune cu sfera, dau cercuri mici, iar concluziile obținute se vor aplica și la cercuri mari.

Fie dată circumferința unui cerc mic DME (fig. 69).

Se circumscrie sferei un con, care este tangent la sferă după circumferința DME . Se ia planul orizontal H_1 , care trece prin vârful conului arătat F . Punctul f este proiecția stereografică a planului F . Punctul M este luat la întâmplare pe circumferința DME . Proiecția sa stereografică este reprezentată prin punctul m . Se cere să se demonstreze că lungimea segmentului \overline{fm} nu depinde de poziția pe circumferință a punctului M .

Se duc prin punctul F în planul H_1 , și prin punctul Z' în planul H , dreptele \overline{FM}_1 și $\overline{Z'F'}$, paralele la segmentul \overline{fm} , conținut în planul K . Apoi se prelungește dreapta \overline{FM} până la intersecția cu dreapta $\overline{Z'F'}$ în punctul F' , și dreapta $\overline{Z'M}$ a conului, până la intersecția cu dreapta $\overline{FM'}$ în punctul M_1 . După construcție, toate dreptele arătate sunt în același plan. După construcție, însă, $\overline{FM}_1 \parallel \overline{fm} \parallel \overline{Z'F'}$.

Deaceea,

$$\frac{\overline{fm}}{\overline{FM}_1} = \frac{\overline{Z'f}}{\overline{Z'F'}},$$

de unde

$$\overline{fm} = \frac{\overline{FM}_1 \cdot \overline{Z'f}}{\overline{Z'F'}} \quad (1.32)$$

Triunghiurile MFM_1 și $Z'F'M$ sunt asemenea. Afară de aceasta, $\triangle Z'F'M$ cu vârful în F' este isoscel, având $\overline{F'Z'} = \overline{F'M}$, ca tangente duse din același punct F' la sferă. Pe această bază, triunghiul MFM_1 cu vârful în F este deasemenea isoscel. Deaceea, $\overline{FM} = \overline{FM}_1$. Înlocuind în formula (1.32) \overline{FM} cu \overline{FM}_1 , se obține

$$\overline{fm} = \overline{FM} \frac{\overline{Z'f}}{\overline{Z'F'}} \quad (1.33)$$

Mărimile \overline{FM} , $\overline{Z'f}$, $\overline{Z'F}$, care intră în membrul al doilea al expresiei (1.33), nu depind de poziția pe cercul DME a punctului M . În adevăr, dreapta \overline{FM} , fiind generatoarea conului, este o constantă, care nu depinde de poziția punctului M pe cerc, iar $\overline{Z'f}$ și $\overline{Z'F}$ nu depind de punctul M și sunt constante, pentru poziția dată a cercului mic. Rezultă că \overline{fm} este o mărime constantă, care nu depinde de poziția punctului M pe cerc și, deaceia, în interiorul curbei închise dme există un punct f , față de care toate punctele curbei închise se găsesc la aceeași distanță. Aceasta înseamnă că dme este o curbă închisă, fiind proiecția stereografică a cercului mic DME , adică un cerc, cecace era de demonstrat.

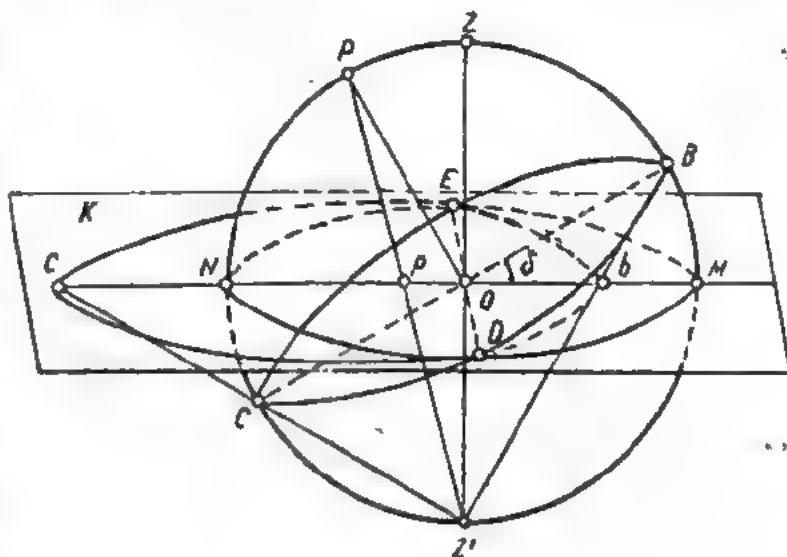


Fig. 70

Dacă se ia planul înclinat astfel, încât să treacă prin centrul sferei, adică în locul cercului mic se ia un cerc mare, punctul F se va găsi la infinit. Astfel, demonstrația făcută nu poate fi extinsă direct și la cercurile mari. Întrucât însă, orice cerc mare este poziția limită (cazul particular) a cercului mic, teorema demonstrată va fi valabilă și în acest caz. În adevăr, dacă se duce un cerc paralel cu cercul mare, la o distanță infinit mică, concluzia obținută va fi valabilă și pentru acest cerc mic. La o apropiere continuă a acestor cercuri, proiecțiile lor stereografice vor coincide la limită. Astfel, punctele de proiecție ale cercului mic, care, în totalitatea lor, dau un cerc, se vor apropia infinit de punctele vecine ale proiecției cercului mare. Aceasta este posibil, în cazul când proiecția cercului mare este tot un cerc.

Cercul mare trece prin centrul sferei și intersectează cercul de bază al proiecției după diametrul ED (fig. 70). Diametrul fiind coarda proiecției stereografice, o împarte, în raport cu proiecția cercului, în două părți: interioară și exterioară.

b) Construcția proiecțiilor stereografice ale planelor

La construirea proiecțiilor stereografice ale planelor, după elementele lor date, de înclinare și de direcție, se pune problema să se determine raza și centrul proiecției stereografice.

În fig. 70 sunt reprezentate sfera, planul proiecției K , planul înclinat $BDCE$, dat prin elementele lui, și anume, \overline{ED} , direcție (α) și înclinare a față de orizont (δ); proiecția stereografică a acestui plan este constituită de cercul $bDcE$ și de cercul de bază al proiecției — $MDNE$. Fig. 71 reprezintă secțiunea sferei, după verticala din fig. 70, după linia Mc .

Din această secțiune rezultă că $\angle CZ'B$ este drept, sprijinindu-se pe diametrul \overline{BC} ; deaceia, $\triangle cZ'b$ este dreptunghic. Jumătatea ipotenuzei sale, $\overline{ub} = \overline{uc} = \overline{uZ'} = r$, este raza cercului, care este proiecția

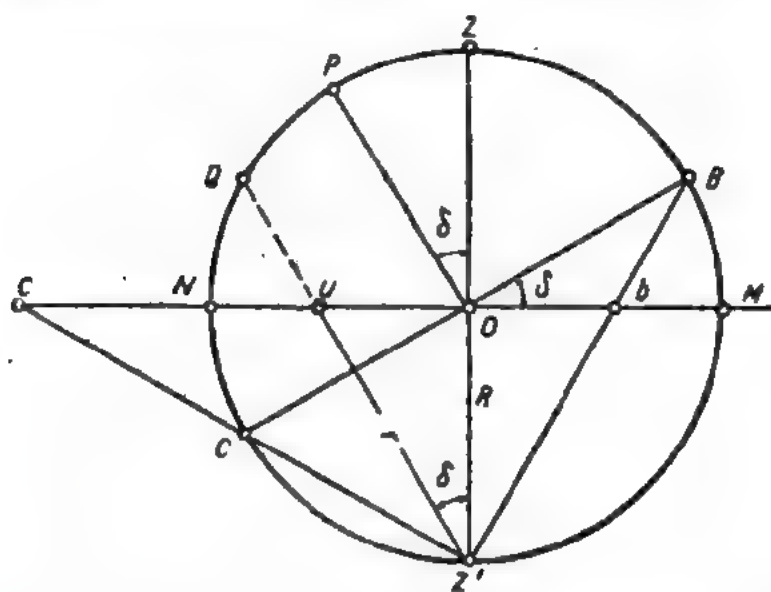


Fig. 71

stereografică a planului dat. Din fig. 71 rezultă, deasemenea, că centrul cercului (proiecția stereografică a planului) este punctul u , care se situează dealungul dreptei \overline{bO} . Să se determine distanța dintre punctul u și centrul sferei O , cum și raza căutată r a proiecției stereografice în funcție de raza R a sferei și de unghiul de înclinare δ al planului dat.

Triunghiul $Z'ub$ este isoscel, deci $\angle uZ'b = \angle Z'bu$. Unghiul $Z'bu$ este $\frac{\widehat{BM} + \widehat{Z'N}}{2} = \frac{90^\circ + \delta}{2}$. Unghiul $uZ'b$ se măsoară cu jumătatea \widehat{QB} . Însă, $\widehat{QB} = \widehat{QP} + 90^\circ$.

Deaceia, $\angle uZ'b = \frac{\widehat{QP} + 90^\circ}{2} = \frac{90^\circ + \delta}{2}$. Prin urmare, $\widehat{QP} = \delta$. Întrucât $\angle POZ = \delta$, atunci $\widehat{QZ} = 2\delta$, sau $\angle uZ'O = \delta$. Distanța \overline{uO} , care determină centrul proiecției stereografice față de centrul sferei, care este punctul O , se calculează din triunghiul dreptunghic $uZ'O$, și anume:

$$\overline{uO} = R \operatorname{tg} \delta. \quad (1.34)$$

Astfel, distanța dela centrul proiecției stereografice a unui plan oarecare, până la centrul cercului de proiecție este egală cu raza sferei, înmulțită cu tangenta unghiului de înclinare al acestui plan.

Din același triunghi dreptunghic se determină raza r a proiecției stereografice:

$$r = R \sec \delta. \quad (1.35)$$

Raza sferei R se ia arbitrar și, adeseori, se ia egală cu 10 cm.

Să se construiască proiecția stereografică a planului P , dat prin elementele lui, direcția α și înclinarea δ . Cu unghiul α , pornind de la sensul pozitiv al axei x (fig. 72), se duce din punctul O , pe cercul de proiecție, direcția ED a planului dat. Din punctul D sau E în jos se construiește unghiul δ , a cărui latură Du se duce până la intersecția cu linia de înclinare a planului în punctul u . Punctul u este centrul cercului proiecției stereografice a planului, iar latura Du este raza sa. Mărimile Ou și Du se pot obține și prin calcul din expresiile (1.34) și (1.35). Din punctul u , cu raza r , se duce arcu \widehat{DE} întins de coarda-diametru \overline{ED} a cercului de proiecție. În limitele cercului de proiecție, arcu \widehat{DE} este proiecția stereografică a planului.

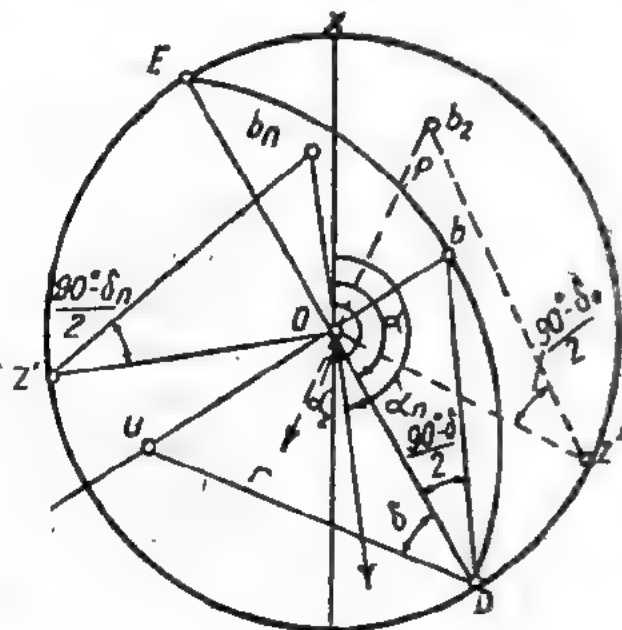


Fig. 72

Problema inversă: din proiecția stereografică a planului să se determine direcția și înclinarea acestuia.

Fie în limitele cercului proiecției, proiecția stereografică a planului — arcu \widehat{ED} (fig. 72). Coarda lui va fi linia de direcție a planului. Unghiul dintre sensul pozitiv al axei x și direcția planului va fi mărimea căutată α . Din centrul cercului de proiecție O se duce o perpendiculară pe \overline{ED} , până la intersecția cu proiecția stereografică a planului, în punctul b . Punctul b se unește printr-o linie dreaptă cu punctul D . Unghiul ODb (fig. 72), după cum rezultă din fig. 71, este egal cu $\frac{90^\circ - \delta}{2}$, deoarece $\angle ODb = \angle OZb$. Astfel se determină ușor unghiul de înclinare δ al planului.

c) Proiecția stereografică a dreptei

Fie dată dreapta \overline{BC} în spațiu (fig. 70). Proiecția ei stereografică este dreapta \overline{bc} . Deoarece ea trece prin centrul sferei (cercul proiecției) O și acesta este punctul de pornire al construcției, proiecția

stereografică a segmentului \overline{BO} al dreptei date este dreapta \overline{bO} , care determină poziția în spațiu a întregii drepte \overline{BC} .

Astfel, pentru construirea proiecției stereografice a dreptei, este suficient, să se construiască proiecția unui punct de intersecție al acestei drepte cu sfera, punctul b . Punctul indicat b și centrul cercului de proiecție O determină perfect poziția dreptei în spațiu și, de aceea, se spune că proiecția stereografică a dreptei este punctul. Direcția segmentului \overline{bO} (fig. 71) determină direcția dreptei \overline{BC} , iar lungimea sa depinde de unghiul de înclinare al dreptei față de orizont.

Fie date α_n și δ_n , direcția și înclinarea unei drepte oarecare $\overline{B_nC_n}$. Cu α_n prin punctul O se duce dreapta (fig. 72), însemnată cu săgeată. Din punctul O , perpendicular pe ea, se duce dreapta $\overline{OZ'}$. Se construiește, în punctul Z' , unghiul egal cu $\frac{90^\circ - \delta_n}{2}$ și, prelungind latura lui $\overline{Z'b_n}$, până la intersecția cu direcția inversă a dreptei în punctul b_n , se obține proiecția stereografică a dreptei $\overline{B_nC_n}$, în punctul b_n .

Problema inversă: determinarea direcției și a înclinării dreptei din proiecția sa stereografică se face astfel. Fie punctul b_2 (fig. 72) proiecția stereografică a dreptei $\overline{B_2C_2}$. Se unește punctul b_2 cu O printr'o dreaptă și se prelungeste dreapta, așa cum este reprezentat punctat cu săgeată. Unghiul α_2 va fi direcția dreptei date. Se ridică din punctul O perpendiculara $\overline{OZ'}$ pe $\overline{Ob_2}$. Se unește printr'o dreaptă punctul Z' cu punctul b_2 . Unghiul $\angle OZ'b_2 = \frac{90^\circ - \delta_2}{2}$. Astfel se obține δ_2 , înclinarea dreptei.

d) Determinarea unghiurilor dintre plane și drepte

Determinarea unghiului dintre plane

Fie date elementele de poziție ale două plane P_1 și P_2 ($\alpha_1\delta_1$; $\alpha_2\delta_2$). Se cere să se determine mărimea adevărată a unghiului ν dintre plane. Se reprezintă cercul de proiecție de rază R . Prin punctul O se duce axa x (fig. 73). Folosind valorile date α_1 și α_2 , se construiesc direcțiile planelor P_1 și P_2 , reprezentate în limitele cercului de proiecție prin diametrii $\overline{E_1D_1}$ și $\overline{E_2D_2}$. Din punctul O , perpendicular pe diametri, se duc liniile de înclinare ale planelor (linii subțiri cu săgeată). În punctele D_1 și D_2 se construiesc unghiurile corespunzătoare de înclinare δ_1 și δ_2 ale planelor P_1 și P_2 .

Laturile acestor unghiuri sunt prelungite până la intersecția cu liniile de pantă ale planelor, în punctele u_1 și u_2 . Punctele u_1 și u_2 sunt centre din care, cu razele r_1 și r_2 pe coardele $\overline{E_1D_1}$ și $\overline{E_2D_2}$, se

duc arcele corespunzătoare, care reprezintă, în limita cercului orizontal, proiecțiile stereografice ale planelor P_1 și P_2 .

Punctul de intersecție al acestor arce va fi însemnat cu A . După proprietatea proiecției conforme, unghiul din A dintre arcele $\overline{D_1AE_1}$ și $\overline{D_2AE_2}$ exprimă mărimea adevărată a unghiului v dintre plane. Acest unghi poate fi găsit și ca fiind cuprins între tangentele la arce, în punctul lor de intersecție, sau cuprins între razele r_1 și r_2 , duse în punctul A . În fig. 73, unghiul v se obține ducând razele prin punctul A .

După cum rezultă din cele expuse, determinarea mărimii adevărate a unghiului v dintre plane, cu ajutorul proiecției stereografice, se reduce la o problemă simplă.

În cazurile de înclinare mare a planelor date, centrele proiecțiilor stereografice depășesc limitele planșei, ceea ce, este un dezavantaj al proiecției stereografice. În aceste cazuri, este indicat să se folosească proiecția gnomostereografică, sau cea liniară.

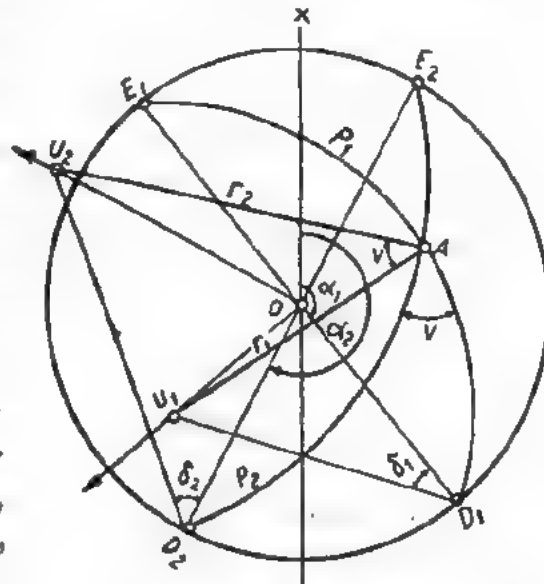


Fig. 73

Determinarea unghiului dintre drepte

Determinarea unghiului dintre drepte se poate reduce la determinarea unghiului dintre plane, folosind faptul că unghiul β dintre normalele la plane este egal cu unghiul $(180^\circ - v)$, unde v este unghiul format de plane. Dreptele date trebuie reprezentate normal la planele corespunzătoare, care sunt, în cazul dat, plane ajutătoare; unghiul căutat β dintre drepte se va calcula în funcție de unghiul v dintre aceste plane, din expresia $\beta = 180^\circ - v$. Direcțiile și înclinările planelor se determină după direcțiile și înclinările dreptelor din expresiile:

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \alpha_0 + 90^\circ \\ \delta &= 90^\circ - \delta_0 \end{aligned} \right\}, \quad (1.36)$$

în care α_0, δ_0 sunt direcția și înclinarea dreptei date;
 α, δ — direcția și înclinarea planului ajutător (perpendicular pe direcția dată).

Cu ajutorul rețelei stereografice a lui Wulf, unghiul β dintre dreptele date se găsește ușor prin simpla măsurare în grade a arcului, care trece prin proiecția stereografică a dreptelor date.

Determinarea unghiului dintre dreaptă și plan

Problema aceasta se poate reduce, deasemenea, la determinarea unghiului dintre două plane. După schema generală, unghiul dintre dreaptă și plan se găsește ca fiind complementul până la 90° , pentru unghiul dintre această dreaptă și normala la plan, adică problema se reduce, în esență, la cea precedentă — la determinarea unghiului dintre două drepte.

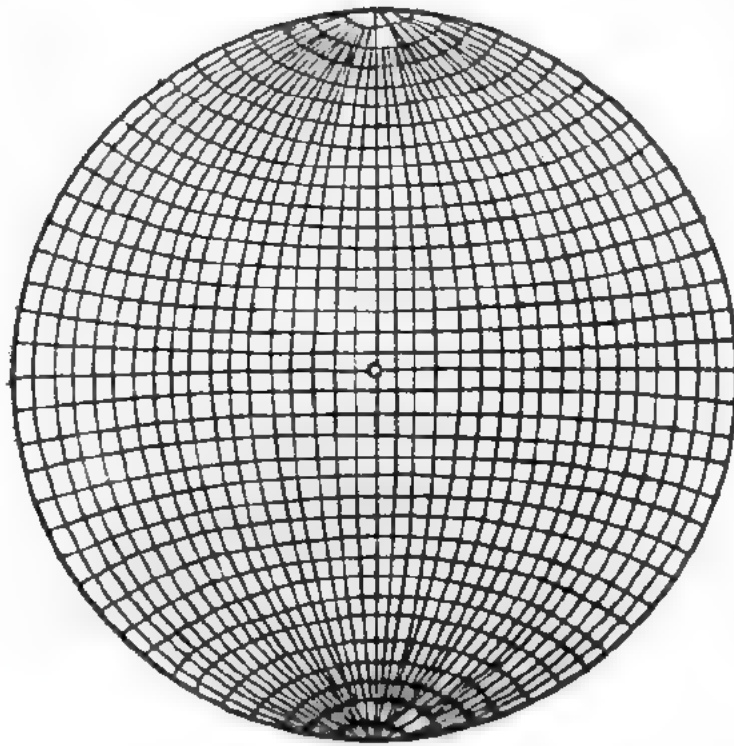
4. REȚELE STEREOGRAFICE

Rețea stereografică se numește proiecția stereografică a rețelei gradate, trasate pe sferă. Rețeaua poate fi polară, când planul de proiecție este suprapus planului ecuatorial al sferei, iar punctul de observație corespunde cu nadirul, sau poate fi cu planul meridian, când punctul de observație se găsește într'un punct oarecare de pe ecuator, iar planul de proiecție, într'un plan meridian, situat la 90° de punctul de observație.

Rețelele sunt folosite din timpurile cele mai vechi, pentru reprezentarea bolții cerești. Ca ajutor în rezolvarea problemelor geometrice (în cristalografie, petrografie și în topografia minieră, rețelele stereografice au fost propuse de academicianul E. S. Fedorov, la sfârșitul secolului trecut). În prezent, se folosesc foarte mult în cristalografie și în petrografie, unde numeroasele determinări ale valorilor unghiulare cer o accelerare a acestor determinări.

Rețelele sunt de două feluri: transparente și opace. Există rețele multiple, însă acestea se deosebesc mai ales prin cantitatea grupurilor de plan, reprezentate pe ele.

În fig. 74, *a* se dă ca exemplu rețeaua meridiană a lui Wulf, iar în fig. 74, *b*, rețeaua polară simplificată, propusă de A. K. Boldărev. Pe ea sunt reprezentate numai cercurile înălțimilor și planele meridianale. Pentru ca să nu se încarce desenul cu prea multe linii, în fig. 74, *b* aceste plane s'au trasat la intervale mai rare. În această figură este reprezentată proiecția stereografică a planului, cu elementele de direcție și înclinare $\alpha = 231^\circ$, $\delta = 63^\circ$. Deobicei, intervalele se iau mai apropiate (până la 2°). La reprezentări cristalografice și petrografice, geologii folosesc foarte mult rețeaua stereografică meridiană a lui Wulf.



a

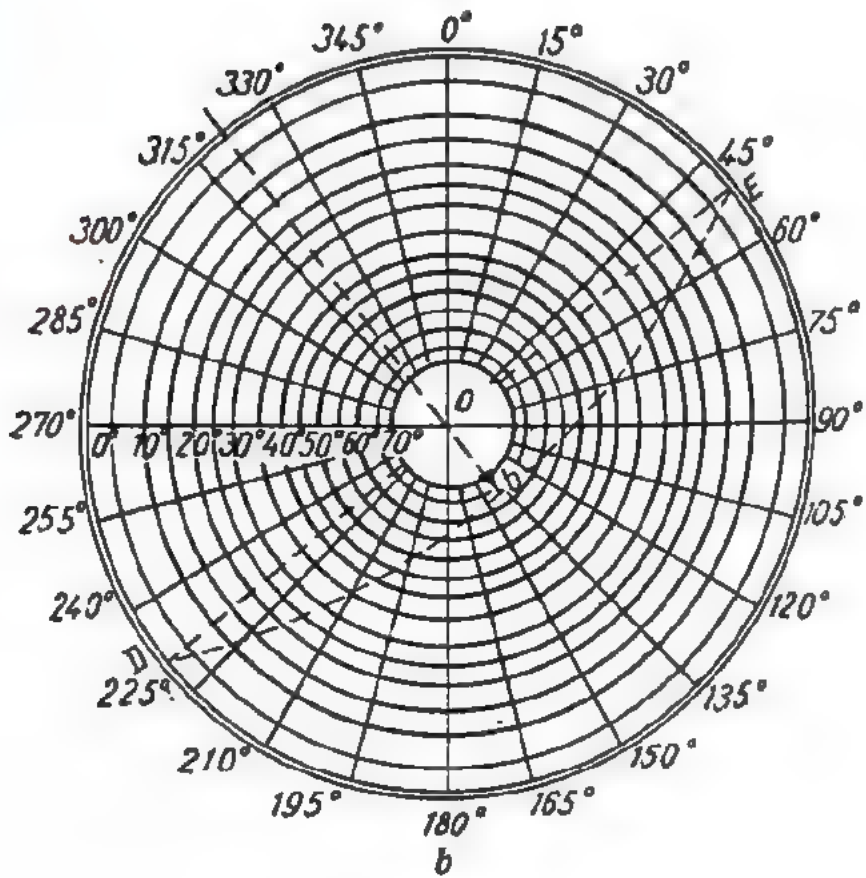


Fig. 74

Lucrul cu rețeaua este simplu. Pe lângă rețelele proiecției stereografice există și rețele de proiecție liniară.

Rezolvarea problemelor tipice de geometrie minieră, pentru care se cere determinarea mărimilor unghiulare, atât în proiecția liniară, cât și în cea stereografică, a fost analizată mai sus, fără folosirea rețelelor. Prin aceasta s'a arătat utilitatea determinării mărimilor unghiulare anume în aceste proiecții, chiar și în lipsa rețelelor. La un număr redus de determinări, ceea ce se întâmplă la rezolvarea problemelor de geometrie minieră, se poate renunța complet la aplicarea rețelelor.

O expunere completă a problemei despre rețele și despre aplicarea lor se află în cursurile de cristalografie geometrică.

PARTEA A DOUA

GEOMETRIA AȘEZĂRII ZĂCĂMINTELOR STRATIFORME ALE SUBSTANTELOR MINERALE UTILE ȘI TRASAREA LUCRĂRILOR MINIERE

CAPITOLUL II

FORMA PLANĂ A AȘEZĂRII STRATELOR. CONSTRUCȚIA ȘI CALCULUL DUPĂ UN NUMĂR LIMITAT DE PUNCTE DE EXPLORARE

§ 1. OBSERVAȚII GENERALE

Obiectele permanente de studiu la explorarea și exploatarea zăcămintelor sunt: forma zăcământului, proprietățile substanței minerale utile și procesele respective. Geometria minieră se ocupă, în mod deosebit, cu cercetarea formei și a proprietăților de zăcământ. Dintre procese, se supun mai des unei caracterizări geometrice miniere, deplasările masivului minier, provocate, de exploatarea zăcămintelor.

Partea aceasta conține expunerea problemelor, care sunt în legătură cu caracteristicile geometrice ale formei de așezare a zăcămintelor stratiforme și cu trasarea lucrărilor miniere.

Structura zăcămintelor stratiforme și problemele care se rezolvă în legătură cu explorarea și exploatarea lor, din punct de vedere geometric, au particularitățile lor, care constau, de fapt, în forma diferită de așezare și în variația lentă a grosimii lor normale.

În așezarea stratelor se pot deosebi trei forme, și anume: 1. forma plană de zăcământ; 2. forma cutată de zăcământ și 3. așezarea stratelor afectate de deplasări (disjunctivă).

Se vor analiza, succesiv, proprietățile geometrice ale formelor arătate mai sus și rezolvarea problemelor geometrice fundamentale, legate de explorarea și exploatarea zăcămintelor stratiforme.

§ 2. ELEMENTELE DE AȘEZARE ALE STRATELOR

În sectoarele slab dislocate, stratele de substanțe minerale utile sunt așezate aproape orizontal sau puțin înclinat. În acest caz, se poate considera stratul, pe suprafețe destul de întinse și cu destulă precizie, ca fiind plan.

La o dislocare intensă, stratele se adună în cute, uneori de formă complicată. Dar, și în acest caz, se pot separa totdeauna porțiuni din strat, ale căror suprafețe se pot considera, practic, ca plane. În cazul acesta, suprafața curbă se înlocuiește cu suprafața unui poliedru circumscris.

Fiecare față, plană a acestui poliedru este un plan tangent, la suprafața stratului, în punctul dat.

Imaginea formei complexe a zăcământului este constituită de suma de imagini ale fețelor plane componente ale zăcământului. Deaceia, iscusința de a obține date din măsurători, din calcul și din grafic, în legătură cu așezarea stratului este etapa necesară în studiul zăcământului stratiform.

Mărimile care permit să se formeze o imagine geometrică complexă asupra zăcământului stratiform și a poziției sale în profunzime se numesc elementele de așezare ale zăcământului.

Care sunt mărimile și datele, cu ajutorul cărora se determină forma și poziția zăcământului în spațiu?

Pentru a face studiul zăcământului, acesta este raportat la un sistem de coordonate rectangulare. Întrucât acoperișul și culcușul zăcământului stratiform sunt luate ca plane paralele, poziția lor în spațiu se poate determina ca poziția unui plan oarecare.

• Stratul are o grosime; deaceia, pentru determinarea elementelor de așezare ale zăcământului trebuie să se cunoască această grosime în diferite puncte ale stratului. Afară de aceasta, trebuie să se cunoască poziția stratului în raport cu suprafața pământului și cu adâncimea așezării stratului.

Poziția stratului în spațiu este reprezentată destul de sugestiv, prin două elemente caracteristice, cuprinse în planul stratului, și anume direcția și înclinarea stratului, raportate la un punct al planului acoperișului sau culcușului.

Deaceia, pentru caracterizarea poziției stratului se folosesc, cel mai des, următoarele mărimi:

1. unghiul de direcție,
2. unghiul de înclinare,
3. grosimea stratului,
4. adâncimea la care se află stratul.

Direcția stratului se numește linia de intersecție a planului orizontal cu planul culcușului sau al acoperișului stratului. Direcția acestei linii este definită de unghiul de direcție α , care se măsoară în sensul acelor unui ceasornic, începând dela direcția pozitivă a axei OX (sau meridian) și până la linia de direcție.

Azimutul de cădere a stratului se numește unghiul format de linia de cea mai mare pantă, conținută în planul acoperișului sau al culcușului stratului, linie care poate fi imaginată ca o dreaptă de intersecție a acoperișului cu un plan vertical, dus perpendicular pe direcția stratului față de direcția pozitivă a axei OX . Sensul azimutului căderii stratului se ia spre căderea stratului. Deaceia, azimutul căderii va fi egal, totdeauna, cu $\alpha + 90^\circ$.

Unghiul de înclinare al stratului se numește unghiul cuprins între linia de pantă a lui și planul orizontal. Se notează cu litera δ .

Grosimea stratului se numește distanța pe normală între acoperișul și culcușul stratului. Grosimea stratului se notează cu m .

Adâncimea la care se întâlnește stratul se numește distanța măsurată pe verticală dela suprafața pământului până la acoperișul stratului, și se înscamă cu H .

Linia, pe toată lungimea căreia H este egal cu zero (sau cu grosimea aluviunilor), se numește linia de afloriment a stratului (sau subaluviune).

§ 3. METODE PENTRU DETERMINAREA ELEMENTELOR DE AȘEZARE ALE STRATULUI (DIRECȚIE ȘI INCLINARE)

Direcția și înclinarea stratului se determină prin diferite metode. În cazul când direcția și înclinarea zăcământului se prezintă în mod direct observatorului, ele se măsoară pe loc, cu ajutorul instrumentelor corespunzătoare. De cele mai multe ori, este greu sau imposibil să se determine direct pe teren. Deaceia se măsoară pe teren o serie de mărimi accesibile, cu care elementele căutate se găsesc într-o anumită dependență. După aceea, prin prelucrarea corespunzătoare a observațiilor obținute, se obțin valorile elementelor de zăcământ. Prelucrarea arătată a datelor obținute se face cu formulele geometriei analitice (metoda analitică), sau grafic, adică cu ajutorul construcțiilor geometrice, la o anumită scară.

Metoda analitică este preferată, din cauza preciziei mai mare a rezultatelor obținute și, uneori, din cauza rapidității executării.

Totuși, exactitatea datelor inițiale și precizia rezultatelor cerute în practică permit o largă folosire a metodei grafice, mai ales că prin această metodă se obține imaginea în spațiu a elementelor care trebuie determinate, mai bine decât prin cea analitică.

În metoda grafică de rezolvare a problemelor este foarte importantă alegerea justă a scării de construcție (18). Trebuie să se deosebească două cazuri, și anume:

1. datele inițiale au o precizie care depășește precizia necesară a rezultatelor;

2. datele inițiale au o precizie care este inferioară preciziei cerute a rezultatelor.

În primul caz, scara construcției grafice trebuie aleasă conform preciziei cerute.

În al doilea caz, scara construcției grafice trebuie să corespundă preciziei datelor inițiale.

Scara de construcție M , având ca scop determinarea mărimii liniare, se găsește din expresia:

$$M = \frac{a}{D}, \quad (2.1)$$

în care: a este eroarea liniară a construcțiilor grafice, în construcțiile obișnuite este luată, adeseori, de 0,3 mm;

D — precizia liniară necesară determinării mărimii căutate, dată în condițiile problemei.

Se dau câteva exemple numerice pentru alegerea scării.

Exemplul I. Să se aleagă scara M a planșei, la care trebuie să se raporteze mărimi liniare cu precizia până la 0,001, pentru lungimile minimale pe teren de 80 m.

În condițiile date, precizia dorită de determinare, în mod grafic, va fi:

$$D = 80 \text{ m} \times 0,001 = 0,080 \text{ m} = 80 \text{ mm}.$$

Deaceia, $M = \frac{0,3}{80} = \frac{1}{266(6)}$, sau cea mai apropiată valoare standard $\frac{1}{250}$.

Exemplul II. Să se aleagă scara M a graficului pentru determinarea grosimii zăcământului, care trebuie obținută cu o precizie de 1 cm.

Prin urmare, $M = \frac{0,3}{10} = \frac{1}{33(3)}$, sau cea mai apropiată scară standard $\frac{1}{25}$.

Exemplul III. Să se aleagă scara de construcție, care are scopul să determine coordonatele frontului de lucru al unei sonde, pentru o adâncime înclinată a acestei sonde de 90 m, cum și precizia ridicării de $1/200$. În condițiile date: $D = 90 \text{ m} \times \frac{1}{200} = 0,45 \text{ m}$ și $M = \frac{a}{D} = \frac{0,3}{450} = \frac{1}{1500}$.

În cele ce urmează se vor analiza elementele de așezare a stratelor și în primul rând determinarea direcției și a înclinării.

1. DETERMINAREA DIRECTĂ A DIRECȚIEI ȘI INCLINĂRII ZĂCĂMANTULUI

a) Determinarea unghiurilor de direcție și de înclinare ale zăcământului cu busola minieră

Unghiurile de direcție și de înclinare ale stratului pot fi determinate cu ajutorul busolei miniere.

Busola minieră (fig. 75) este o busolă obișnuită, fixată la o placă dreptunghiulară, ale cărei laturi lungi sunt paralele cu NS a busolei. Cercul gradat, în modelele actuale dă direct azimutul, iar notațiile gradării cresc dela 0 până la 360°, în sens invers față de mișcarea acelor unui ceasornic. La acest aranjament al notației, vârful Nord al acului arată azimutul magnetic al liniei, paralel cu latura lungă a plăcii, cu condiția ca indexul N să fie situat, față de observator, pe linia direcției. La poziția inversă a busolei miniere, azimutul magnetic al direcției va fi arătat de vârful sudic al acului. Adeseori, busolele miniere, de construcție veche, au acul magnetic de formă rombică. Busola minieră se deosebește, în general, de busola obișnuită, prin faptul că are

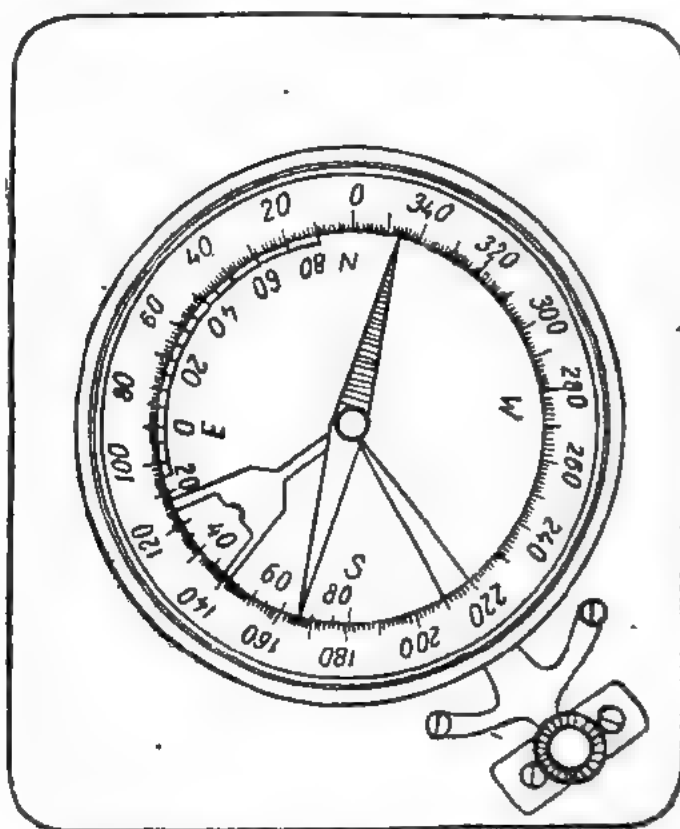


Fig. 75

un dispozitiv pentru măsurarea unghiului de înclinare. Acest dispozitiv constă dintr-o placă fixată la un capăt la baza acului, care se rotește liber în jurul axului său, și din semicercul gradat de pe fundul cutiei busolei. Placa servește ca un fir cu plumb, cu ajutorul căruia se măsoară unghiurile de înclinare ale liniilor paralele cu latura lungă, a cutiei, în plan vertical.

Punctul 0 al semicercului gradat pe fundul cutiei corespunde poziției orizontale a laturii lungi a plăcii-busolă. Numerotarea este făcută în ambele sensuri dela 0 până la 90°. Busola minieră trebuie

să fie verificată înainte de folosire. Se presupune că cititorului îi sunt cunoscute aceste verificări, din geologie sau din topografia minieră, și deaceia se omite expunerea lor.

Pentru determinarea unghiurilor de direcție și de înclinare ale stratului, cu ajutorul busolei miniere, acoperișul sau culcușul stratului trebuie să fie desvelite pe o porțiune oarecare.

Desvelirea poate fi naturală sau artificială. Desvelirile naturale se întâlnesc în aflorimentele stratelor, iar cele artificiale, în șanțurile de explorare, în puțurile de explorare și în lucrările miniere de pregătire și de abataj. Măsurătoarea se face, de obicei, astfel: pe partea curățită a acoperișului sau a culcușului stratului se găsește linia de direcție, adică linia orizontală. Pentru determinarea direcției se așează busola în poziție verticală, cu latura lungă a plăcii pe strat și se rotește până când vârful plăcii coincide cu 0° al semicercului. În jurul liniei de direcție se aduce busola în poziție orizontală; se desprinde acul busolei și se citește azimutul magnetic al direcției stratului.

Rămâne de determinat unghiul de înclinare al stratului. Linia de pantă este perpendiculară pe linia de direcție și, deaceia, se înseamnă pe strat cu ajutorul busolei, apoi se pune busola în lungul acestei linii, în poziție verticală și, cu ajutorul clinometrului, se citește pe semicerc; citirea aceasta va exprima unghiul de înclinare al stratului. Observațiile se pot face și în ordine inversă, adică întâi se găsește linia de pantă și se măsoară unghiul de înclinare față de planul orizontal și apoi se determină direcția stratului. Linia de înclinare se găsește ușor, deoarece este linia de cea mai mare pantă în planul acoperișului sau al culcușului stratului. Pentru găsirea liniei de cea mai mare pantă, se așează întâi busola în poziție verticală, apoi se rotește până când clinometrul va arăta valoarea maximă a unghiului înclinării, care va exprima și unghiul de înclinare căutat. Găsind astfel unghiul de înclinare, se determină direcția stratului. Pentru aceasta se fac măsurători duble ale lui α și δ . Pentru valoarea definitivă se ia media a două măsurători.

Precizia determinării direcției și a înclinării stratului, cu ajutorul busolei miniere, este mică: la o măsurătoare minuțioasă și, în condiții favorabile, nu depășește $2-2,5^\circ$. Măsurătoarea directă a unghiului α și δ cu busola minieră se face pe toate părțile deschise ale stratului, dacă nu există altă posibilitate de a obține valorile acestor elemente, printr'un procedeu mai exact. În general, cu cât rețeaua de puncte, pentru care se cunosc direcția și înclinarea, este mai deasă, cu atât datele obținute asupra condițiilor de așezare a stratului sunt mai reale.

Cu busola minieră se măsoară azimutela magnetice ale direcțiilor și ale înclinării, sau ale oricărei direcții din planul stratului. Prin

folosirea planurilor topografice, întorcute în sistemul de axe carteziene, se trece dela azimutele magnetice măsurate, la azimuturile geografice. Această trecere poate fi ușor realizată prin corectarea azimutelor magnetice cu valorile de deviere a meridianului magnetic, în raport cu axa absciselor (declinația magnetică).

b) Determinarea înclinării și a direcției cu ajutorul busolei suspendate și al eclimetrului

Unghiurile de înclinare și de direcție ale stratului se măsoară cu mai multă precizie cu ajutorul busolei suspendate și al eclimetrului suspendat. Cu busola suspendată se măsoară unghiul de direcție al stratului, iar cu eclimetrul, înclinarea stratului.

Busola suspendată se compune dintr'o busolă obișnuită și dintr'un dispozitiv de suspensie (fig. 76 a). La modelele vechi, cercul busolei

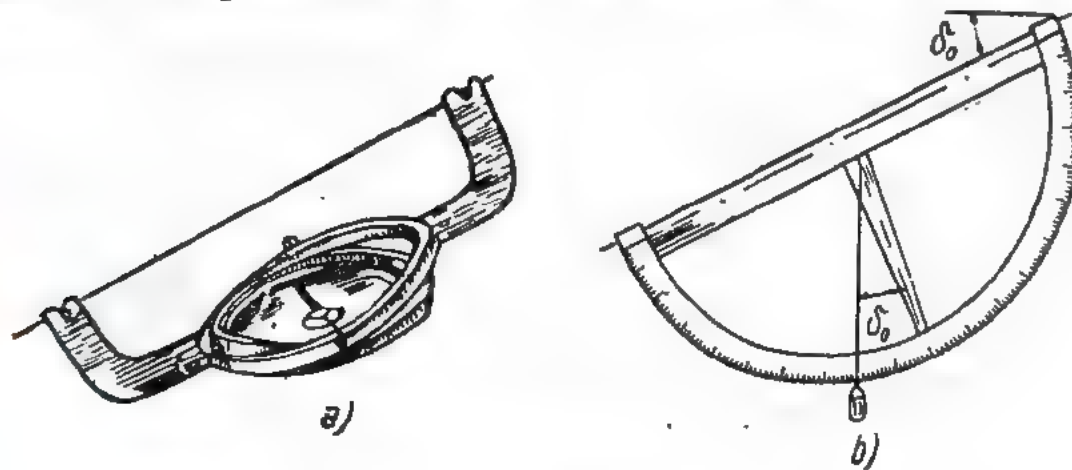


Fig. 76

era împărțit în ore, iar la modelele noi, în grade. Azimutul direcțiilor se măsoară cu ajutorul acului magnetic, ca și la busola minieră. Dispozitivul de suspensie constă dintr'un inel, în care se mișcă liber busola pe ax. Există două cârlige, solidare cu inelul, de care se suspendă busola pe sfoară. Unghiul de înclinare al stratului sau al sensurilor determinate în el, se măsoară cu eclimetrul suspendat (fig. 76, b). Acesta este compus dintr'un semicerc ușor de aluminiu sau de aramă, prevăzut cu două cârlige, prinse de bara paralelă cu diametrul semicercului. Cu ajutorul acestor cârlige se suspendă eclimetrul de sfoară. Diviziunile semicercului încep dela 0° , la mijlocul semicercului, până la 90° , în ambele sensuri. De centrul semicercului este suspendat firul cu plumb, cu ajutorul căruia se citește unghiul de înclinare al stratului. Firul cu plumb indică 0° , când diametrul semicercului este orizontal. Înainte de folosire, busola suspendată și eclimetrul suspendat trebuie să fie verificate. Pe baza azimutelor magnetice, obținute cu ajutorul busolei suspendate, se pot calcula și

azimuturile geografice. Pentru scopurile arătate, cu aceeași busolă trebuie să se determine mărimea de deviație a meridianului magnetic, în raport cu axa absciselor, declinația magnetică (prin măsurarea azimutului magnetic al unei linii oarecare, al cărei azimut geografic este cunoscut, după datele ridicărilor topografice miniere).

Metoda analizată, de determinare a unghiurilor α și δ ale stratului, dă rezultate mai precise. Dimensiunile instrumentelor, suspendate pe sfoară, creează condiții pentru o determinare mai precisă a valorilor unghiulare. Pentru a ilustra folosirea busolei suspendate și a eclimetrului, la determinarea elementelor de așezare a zăcământului se va analiza determinarea unghiurilor α și δ , în deschiderile stratului prin lucrările miniere.

Lucrarea minieră este săpată în strat

Fie o galerie direcțională, în pereții căreia s'a deschis linia stratificației. Galeria direcțională este reprezentată în fig. 77. De-a lungul galeriei, la distanțe egale dela linia stratificației deschise, se întinde sfoara AB , pe care se suspendă busola K , cu indicele N , în sensul pentru care înclinarea stratului cade spre dreapta.

Citirea gradajilor după vârful Nord al acului va da azimutul magnetic al direcției stratului.

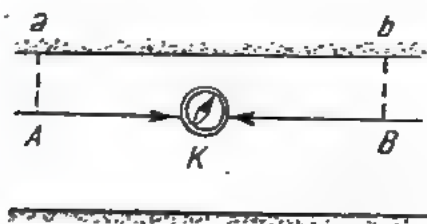


Fig. 77



Fig. 78

Unghiul de înclinare δ al stratului, se determină în excavația stratului, în apropierea aceluși loc al galeriei, în care s'a determinat α . Pentru aceasta (fig. 78), se așează eclimetrul în poziție verticală, cu cârligele dealungul planelor stratificației rocilor acoperișului (planul eclimetrului este perpendicular pe suprafața acoperișului), și este rotit până când firul cu plumb va arăta unghiul cel mai mare pe semicerc. Acesta va fi unghiul căutat al înclinării stratului δ . Locul în tavan, pentru determinarea unghiului δ , se alege acolo, unde roca acoperișului are suprafața cât mai dreaptă, astfel încât să poată fi considerată ca un plan paralel cu acoperișul stratului.

În cazul unei transversale, în pereții, tavanul și vatra căreia se deschide stratul, după conturul $ABCD$ (fig. 79), pentru determinarea unghiului α se întinde sfoara între deschiderile laterale ale stratelor AB și CD . Cu ajutorul eclimetrului suspendat, se aduce firul în poziția orizontală. Firul ajunge în planul acoperișului (sau al culcușului) stratului și este orizontal, deci, fixează direcția stratului.

Rămâne să se suspende pe fir busola cu vârful N în sensul direcției și să se citească azimutul magnetic, după vârful de Nord al acului. Prin citirea aceasta se află unghiul căutat al direcției α .

Pentru determinarea unghiului δ al stratului, se întinde, între deschiderile laterale, o altă sfoară EF , cu un capăt fixat la firul întins orizontal în E , iar celălalt capăt F , la deschiderea din vatra sau tavanul galeriei. Se agață eclimetrul pe această sfoară și se deplasează un capăt al ei, până se obține citirea cea mai mare. Citirea va exprima mărimea unghiului de înclinare δ , la deschiderea dată. În mod analog se determină α și δ și în alte lucrări miniere. Cu ajutorul busolei suspendate și al eclimetrului se determină, de asemenea, elementele de așezare a zăcământului deschis după direcții arbitrare și apoi, pe baza lor, prin construcții grafice și calcule, se determină direcția și înclinarea stratului.

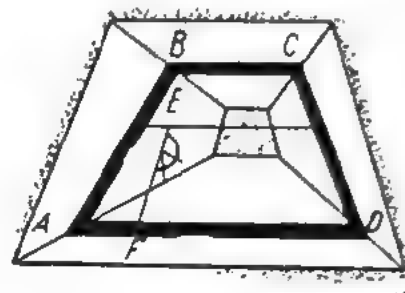


Fig. 79

2. FORMELE DE PREZENTARE A ZĂCĂMÂNTULUI

Analizând formele plane de zăcământ, acoperișul sau culcușul zăcământului pot fi considerate plane și, în funcție de aceasta, se poate răspunde la problemă. Cum se știe, un plan poate fi dat în trei feluri: 1. prin trei puncte; 2. prin două puncte și o direcție care trece prin unul dintre puncte; 3. printr'un punct și două direcții, care trec prin acest punct.

Cercetând diferite cazuri de deschidere a zăcămintelor în lucrările miniere, cum și determinarea direcției și a înclinării, după datele din lucrările de desvelire, rezultă că α și δ se determină, în mod practic, fie după coordonatele a trei puncte (de exemplu după trei sonde), fie după coordonatele unui punct și după elementele de înclinare și de direcție ale stratului, obținute din două desveliri, raportate la acest punct.

Astfel, poziția planului zăcământului poate fi exprimată analitic în două moduri. Se dau expresiile analitice (ecuațiile) pentru planul zăcământului (stratului) în diferite cazuri, pentru ca să se obțină grupul de formule necesar determinării direcției și înclinării stratului pe cale analitică, alături de rezolvarea lor pe cale grafică.

a) Ecuația planului (acoperiș, culcuș) zăcământului dat prin coordonatele a trei puncte

Fie stratul străbătut de trei sonde 1, 2 și 3. Coordonatele punctelor de străpungere a sondelor, fie cu acoperișul, fie cu culcușul stratului, sunt cunoscute, și anume:

$$1(x_1 y_1 z_1); \quad 2(x_2 y_2 z_2); \quad 3(x_3 y_3 z_3).$$

În acest caz, ecuația stratului se va prezenta sub formă de determinant (23)

$$\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & z_3 & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Descompunerea determinantului după determinanți minori dă:

$$Mx + Ny + Pz + Q = 0,$$

în care

$$M = y_1(z_2 - z_3) - z_1(y_2 - y_3) + (y_2 z_3 - z_2 y_3),$$

$$N = -[x_1(z_2 - z_3) - z_1(x_2 - x_3) + (x_2 z_3 - z_2 x_3)],$$

$$P = x_1(y_2 - y_3) - y_1(x_2 - x_3) + (x_2 y_3 - y_2 x_3),$$

$$Q = -[x_1(y_2 z_3 - z_2 y_3) - y_1(x_2 z_3 - z_2 x_3) + z_1(x_2 y_3 - y_2 x_3)].$$

Ecuația suprafeței se simplifică în cazul când se ia originea coordonatelor în unul dintre punctele date, de exemplu în: 1 $(x_1 y_1 z_1)$; atunci, $x_1 = 0$; $y_1 = 0$; $z_1 = 0$. Deci, ecuația va lua forma:

$$Mx + Ny + Pz = 0, \quad (2.1)$$

în care

$$\left. \begin{aligned} M &= +(y_2 z_3 - z_2 y_3) \\ N &= -(x_2 z_3 - z_2 x_3) \\ P &= +(x_2 y_3 - y_2 x_3) \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

Dacă $(x_1 y_1 z_1)$ sunt coordonatele punctului 1, care nu sunt, în același timp, egale cu 0, pentru a stabili originea coordonatelor în

punctul 1, se scad, corespunzător, din coordonatele tuturor celor trei puncte, coordonatele punctului 1.

Ca rezultat, se vor obține coordonatele noi ale punctelor, în raport cu originea în punctul 1, și anume:

$$\begin{aligned}x_2' &= x_2 - x_1 & x_3' &= x_3 - x_1 \\y_2' &= y_2 - y_1 & y_3' &= y_3 - y_1 \\z_2' &= z_2 - z_1 & z_3' &= z_3 - z_1.\end{aligned}$$

Prin urmare, în acest caz, ecuația suprafeței zăcământului se va scrie astfel:

$$M'x + N'y + P'z = 0,$$

în care

$$\begin{aligned}M' &= +(y_2'z_3' - z_2'y_3'); \\N' &= -(x_2'z_3' - z_2'x_3'); \\P' &= +(x_2'y_3' - y_2'x_3').\end{aligned}$$

b) Ecuația planului zăcământului, dat prin coordonatele unui punct și prin două direcții

Fie stratul deschis cu o lucrare minieră verticală, cu secțiune dreptunghiulară. Pentru determinarea unghiurilor α și δ sunt suficiente două deschideri în perții vecini ai lucrării miniere. Deschiderile se vor intersecta în colțul lucrării. Fie acest punct dat al zăcământului, care are coordonatele (x_1, y_1, z_1) , iar (α_1, δ_1) și (α_2, δ_2) , unghiurile de direcție și de înclinare ale deschiderilor.

Considerând deschiderile date ca drepte care trec prin originea coordonatelor, se vor scrie, pentru aceste drepte, ecuații cunoscute din geometria analitică:

$$\left. \begin{aligned}\frac{x}{\cos \delta_1 \cos \alpha_1} &= \frac{y}{\cos \delta_1 \sin \alpha_1} = \frac{z}{-\sin \delta_1} \\ \frac{x}{\cos \delta_2 \cos \alpha_2} &= \frac{y}{\cos \delta_2 \sin \alpha_2} = \frac{z}{-\sin \delta_2}\end{aligned}\right\} \quad (2.3)$$

Ecuația planului, în cazul general:

$$Ax + By + Cz + D = 0,$$

însă, deoarece acest zăcământ (plan) trece prin punctul (x_1, y_1, z_1) , el va trebui să satisfacă, în același timp, și ecuația:

$$Ax_1 + By_1 + Cz_1 + D = 0. \quad (a)$$

Normala la plan este perpendiculară pe dreptele (2.3), conținute în acest plan. Rezultă că planul trebuie să satisfacă și această condiție de perpendicularitate, care se exprimă prin ecuațiile:

$$\begin{aligned} A \cos \delta_1 \cos \alpha_1 + B \cos \delta_1 \sin \alpha_1 - C \sin \delta_1 &= 0; \\ A \cos \delta_2 \cos \alpha_2 + B \cos \delta_2 \sin \alpha_2 - C \sin \delta_2 &= 0. \end{aligned}$$

Se ia originea coordonatelor în punctul (x_1, y_1, z_1) ; în acest caz, conform ecuației (a), $D=0$.

Luând ecuațiile satisfăcute de planul dat și eliminând coeficienții A, B, C și D , se vor scrie ecuațiile planului sub forma de determinant:

$$\begin{vmatrix} x & y & z \\ \cos \delta_1 \cos \alpha_1 & \cos \delta_1 \sin \alpha_1 & -\sin \delta_1 \\ \cos \delta_2 \cos \alpha_2 & \cos \delta_2 \sin \alpha_2 & -\sin \delta_2 \end{vmatrix} = 0.$$

Se descompune determinantul după determinanții minori și se obține:

$$Mx + Ny + Pz = 0, \quad (2.4)$$

în care

$$\left. \begin{aligned} M &= \cos \delta_2 \sin \alpha_2 \sin \delta_1 - \cos \delta_1 \sin \alpha_1 \sin \delta_2 \\ N &= -(\cos \delta_2 \cos \alpha_2 \sin \delta_1 - \cos \delta_1 \cos \alpha_1 \sin \delta_2) \\ P &= \cos \delta_1 \cos \alpha_1 \cos \delta_2 \sin \alpha_2 - \cos \delta_2 \cos \alpha_2 \cos \delta_1 \sin \alpha_1 \end{aligned} \right\}. \quad (2.5)$$

Planul va satisface ecuația (2.4) și în cazul când se rotește tot sistemul de coordonate în jurul axei z , până când $\alpha_1 = 0$. La lucrările miniere verticale, cu secțiunea dreptunghiulară, $\alpha_2 = 90^\circ$; în acest caz, expresiile pentru M, N, P se vor simplifica și se va obține forma:

$$\begin{aligned} M &= \cos \delta_2 \sin \delta_1, \\ N &= \cos \delta_1 \sin \delta_2, \\ P &= \cos \delta_1 \cos \delta_2. \end{aligned} \quad (2.6)$$

c) Ecuația normală a planului (culcuș, acoperiș) zăcământului

În geometria analitică, ecuația planului se numește normală, dacă în ea intră direcția, înclinarea și coordonatele unui punct al planului. Se ia acest punct ca origine a axelor de coordonate. Direcția se determină cu azimutul egal cu unghiul α și cu unghiul de înclinare egal cu 0° , iar linia de pantă se determină cu azimutul căderii egal cu $\alpha + 90^\circ$ și cu unghiul de înclinare egal cu δ .

Se scrie ecuația planului care trece prin originea axelor de coordonate, sub forma generală:

$$Ax + By + Cz = 0. \quad (a)$$

Planul acoperișului (sau al culcușului) zăcământului trece prin dreptele de direcție și de înclinare dată. Această condiție se va exprima prin ecuațiile:

$$\begin{aligned} A \cos 0^\circ \cos \alpha + B \cos 0^\circ \sin \alpha + C \sin 0^\circ &= 0; \\ A \cos \delta \cos (90^\circ + \alpha) + B \cos \delta \sin (90^\circ + \alpha) - C \sin \delta &= 0 \end{aligned}$$

sau

$$\left. \begin{aligned} A \cos \alpha + B \sin \alpha + 0 &= 0 \\ -A \cos \delta \sin \alpha + B \cos \delta \cos \alpha - C \sin \delta &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (b)$$

Se elimină din ecuațiile (a) și (b) coeficienții A , B , C și se scrie ecuația planului sub formă de determinant¹:

$$\begin{vmatrix} x & y & z \\ \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\cos \delta \sin \alpha & \cos \delta \cos \alpha & -\sin \delta \end{vmatrix} = 0.$$

Desvoltându-l, se obține:

$$-x \sin \alpha \sin \delta + y \cos \alpha \sin \delta + z \cos \delta = 0 \quad (c)$$

și împărțindu-l pe (c) la $\cos \delta$, se obține:

$$-x \sin \alpha \operatorname{tg} \delta + y \cos \alpha \operatorname{tg} \delta + z = 0. \quad (2.7)$$

Aceasta este ecuația normală a planului zăcământului sau, cum se mai numește, uneori, ecuația normală a planului. Pentru simplificare, se introduce notația:

$$\left. \begin{aligned} M &= -\sin \alpha \operatorname{tg} \delta \\ N &= \cos \alpha \operatorname{tg} \delta \end{aligned} \right\} \quad (2.8)$$

iar ecuația normală va lua forma

$$Mx + Ny + z = 0. \quad (2.9)$$

¹ Pentru simplificarea deducției formulei, al doilea și al treilea caz analizat se pot asimila cu primul. Pentru aceasta, pe direcțiile date (sau pe liniile direcțiilor și ale înclinărilor, în al treilea caz) trebuie luat încă câte un punct, la o distanță egală cu unitatea, față de primul. Exprimând coordonatele acestor puncte prin elementele de așezare ale direcțiilor, se poate forma determinantul și se poate obține pentru M , N și P expresiile asemănătoare cu (2.5) și (2.8).

3. DETERMINAREA COORDONATELOR PUNCTULUI DE INTERSECȚIE AL SONDELOR CU STRATUL

Pentru rezolvarea unei serii de probleme, cum și pentru determinarea unghiurilor α și δ ale stratului, se cere să se determine coordonatele punctelor de intersecție ale sondelor cu stratul.

Cazul cel mai simplu este acela, în care sondele sunt verticale. În acest caz, coordonatele (x,y) punctelor de întâlnire a sondelor cu stratul (acoperiș sau culcuș) sunt aceleași ca și coordonatele dela

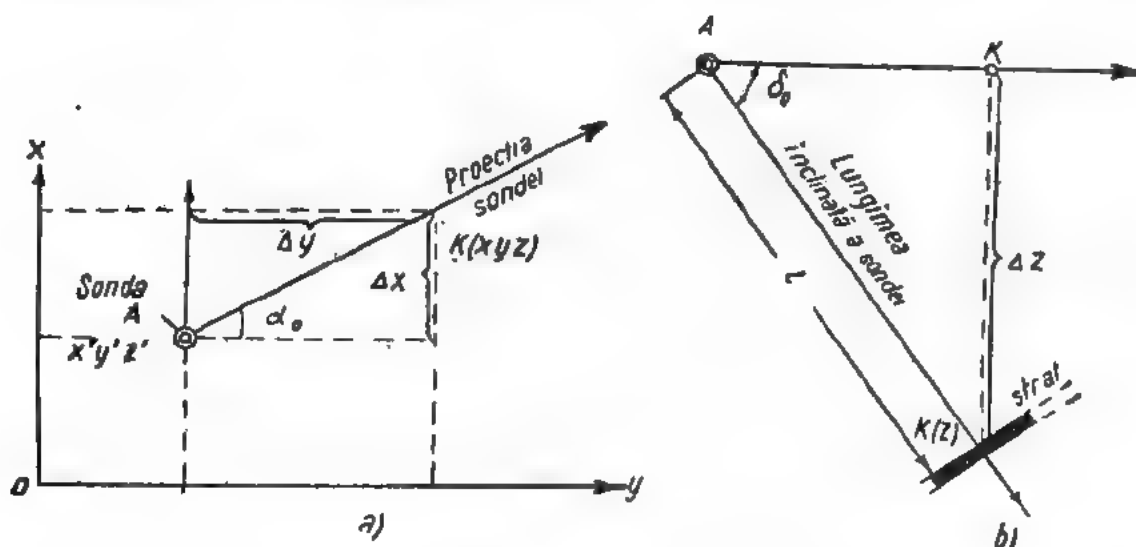


Fig. 80

gura acestor sonde, iar coordonata z va fi egală cu z la gura sondei, minus adâncimea sondei până la latura corespunzătoare a stratului.

Cazul sondelor înclinate. În acest caz, coordonatele (x,y) punctelor de intersecție ale sondelor cu stratul vor diferi de coordonatele dela gura sondelor. Fie $A(x',y',z')$ coordonatele dela gura sondei; α_0 și δ_0 — direcția și înclinarea ei și l — lungimea pe înclinare a sondei (dela gură până la latura respectivă a stratului).

Se cere să se determine coordonatele (x,y,z) punctului de intersecție al sondei cu acoperișul (sau culcușul) stratului.

Se reportează în desen gura sondei A prin coordonatele sale, și cu unghiul de direcție α_0 se construiește proiecția axei sondei (fig. 80, a).

Pe această direcție se va găsi punctul de intersecție al sondei cu acoperișul (sau culcușul) stratului. Pentru găsirea punctului se construiește secțiunea verticală a sondei, după unghiul de înclinare δ_0 , (fig. 80, b). Se ia pe secțiune, din punctul A , pe axa sondei, lungimea ei pe înclinare l , și se obține astfel punctul căutat, K , de intersecție a sondei cu acoperișul (sau culcușul) stratului. Cota z a acestui punct este egală cu cota z' dela gura sondei, minus mărimea proiecției

verticale Kk a sondei. Astfel, $z = z' - Kk = z' - \Delta z$, unde Δz se ia grafic de pe secțiune, sau se calculează din expresia

$$\Delta z = l \sin \delta_0. \quad (2.10)$$

Coordonatele orizontale ale punctului K se pot obține ușor, grafic sau prin calcul. Pentru determinarea grafică a coordonatelor punctului K , se ia segmentul Ak , obținut pe secțiune, și se așează pe proiecția orizontală a sondei (fig. 80, a) dela gura ei A . Punctul K va fi punctul căutat, ale cărui coordonate (x, y) se determină ușor din planșă, sau prin relațiile

$$\left. \begin{aligned} x &= x' + \Delta x \\ y &= y' + \Delta y. \end{aligned} \right\} \quad (2.11)$$

Calculul coordonatelor relative orizontale $(\Delta x, \Delta y)$ se face cu formulele

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= l \cos \delta_0 \cos \alpha_0, \\ \Delta y &= l \cos \delta_0 \sin \alpha_0. \end{aligned} \right\} \quad (2.12)$$

Înainte de a trece la determinarea înclinării și a direcției zăcământului după sondele deviate, se vor expune pe scurt noțiunile generale despre ridicarea lor stratimetrică.

4. DEVIATIA ȘI RIDICAREA SONDELOR

a) Observații generale

Deviația găurilor de sondă dela direcția dată este un fenomen obișnuit, care apare la toate metodele de foraj. Deviația cea mai mare se observă la forarea sondelor înclinate, de adâncime mare.

Deviația sondelor complică procesul forajului, îngreunează rotirea instrumentului de foraj, deranjează regimul normal de lucru, mărește uzura uneltelor de foraj și complică prelucrarea și interpretarea datelor de explorare. La deviații mari, se întâmplă uneori să se părăsească sonda, sau să se facă lucrări suplimentare de corectare a ei.

Mărimea deviației sondei depinde de metoda de foraj și de o serie de alți factori. Din practică se constată că deviația cea mai mică se obține la metoda de turboforaj a lui Kapeliuşnikov și la forajul rotativ, apoi la forajul cu diamante, iar cea mai mare deviație se obține la metoda forajului cu alicoe. La forarea sondelor verticale se aplică, pe lângă forajul rotativ, și cel percutant. Prin folosirea uneltelor cu cădere liberă, se realizează sondele cele mai apropiate de verticală.

La metodele de foraj rotativ, verticalitatea sondei depinde de modul de reglare a presiunii coroanei pe talpa sondei. Sondele cu diametrul mic, mai ales cele înclinate, deviază mai mult, și deviația începe chiar de la adâncimi mici.

De exemplu, la forajul înclinat, cu alicie, executat cu sondeza KAM pentru prăjini cu un diametru de 40 mm se observă destul de des deviații de 1° , pentru fiecare porțiune de 10 m adâncime. La folosirea prăjinilor de 50 mm, deviația se micșorează aproape la jumătate.

La explorarea substanței minerale utile prin foraj, în cazul deviației mari și al lipsei datelor despre această deviere se pot face

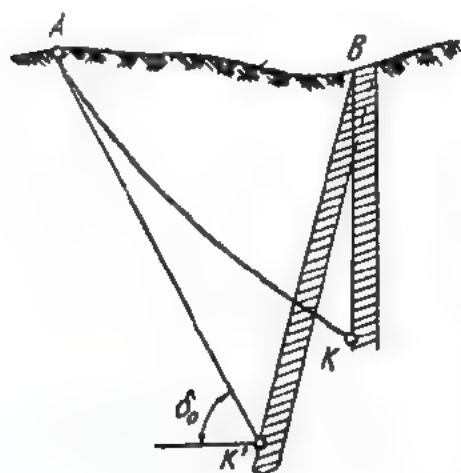


Fig. 81

erori mari în concluziile geologice, în ce privește prezentarea zăcămintului și metodele posibile de exploatare a lui. Fie un zăcămint oarecare B , care aflurează și se explorează la adâncimea A printr'o sondă înclinată, dată sub un unghi α_0 , față de orizont (fig. 81).

La una și aceeași lungime a sondei $AK' = AK$, imaginile despre dimensiunile și poziția zăcămintului vor fi diferite și vor depinde de luarea în considerație a deviației sondei, sau de nesocotirea ei. Dacă nu se ține seamă de deviație, cum rezultă din figura arătată, sonda A (lungimea ei AK') fixează poziția încli-

nată a zăcămintului și dimensiunea mare a lui. Ținând seamă de deviație, dimensiunea părții explorate a zăcămintului se micșorează, și poziția zăcămintului B se fixează pe verticală.

Astfel, necesitatea măsurării deviațiilor sondei, cu ajutorul ridicărilor, este evidentă.

Cauzele deviației sondelor sunt multiple însă de fapt, se pot reduce la următoarele două grupe: geologice și mecanice. Cauzele geologice de deviație a sondelor se datoresc faptului că forajul se face într'un mediu neomogen (stratificația diferită a rocilor traversate prin sondă, schimbarea lor, densitatea și starea diferită a rocilor, condiții hidrologice variabile, etc.).

Dacă forajul se face cu ajutorul prăjinilor înșurubate, cauza mecanică principală de deviație se datorește instabilității rectilinii a coloanei. Schimbarea formei coloanei depinde de aplicarea presiunii sau a momentului de torsiune la capătul superior al coloanei, sau de amplasarea forțelor de reacție la capătul ei de jos, capătul de forare. În aceleași condiții, instabilitatea rectiliniei a coloanei este cu atât mai mare, cu cât aceasta este mai lungă și cu cât diametrul prăjinilor este mai mic. Greutatea proprie a coloanei este atât de mare, încât

coloana rezemată de talpa sondei se curbază chiar fără suprasarcină. Rotirea coloanei de foraj mărește instabilitatea ei, care crește odată cu viteza unghiulară.

Mărirea sarcinii care se exercită asupra uneltei de foraj, în scopul măririi vitezei de forare a sondei, mărește, de asemenea, instabilitatea formeii coloanei. Din această cauză, suprasarcina trebuie să fie optimă, deoarece numai în aceste condiții, stabilite practic, se obțin rezultatele cele mai bune ale forajului. În special, trebuie reglată cu multă pricepere sarcina care se exercită asupra uneltei de foraj, în locurile unde se trece de la o rocă la alta (la contact).

b) Noțiuni sumare asupra ridicării stratimetrice a sondelor

Din cele expuse mai sus rezultă, în mod evident, necesitatea măsurării deviației sondelor, pentru care se face ridicarea specială a lor, numită ridicare stratimetrică. Metodele de ridicare a sondelor, aparatura folosită, metodele de prelucrare a materialului cules, determinarea elementelor de așezare a stratelor după carote, sunt descrise amănunțit în manualele de stratimetrie. Cunoștințele generale sunt expuse aici, în legătură cu folosirea rezultatelor ridicării stratimetrice, în rezolvarea problemelor de geometrie minieră. La ridicarea sondelor, trebuie determinate următoarele mărimi (48):

a) unghiul de deviație al sondei dela verticala locului, numit unghiul zenital θ și

b) unghiul orizontal α , numit azimutul (fig. 82), care caracterizează direcția sondei, față de o orientare oarecare (ON). Orientarea (ON) poate fi direcția meridianului magnetic sau o orientare convențională. Citirea unghiului α se face dela direcția ON , în sensul acelor unui ceasornic,

Dacă sonda de foraj este amplasată înclinat, pentru măsurarea azimutelor este mai ușor să se folosească planul vertical, care conține direcția dată a sondei. Acest plan vertical se numește plan inițial, iar urma sa pe planul orizontal se numește direcție inițială. Azimutul

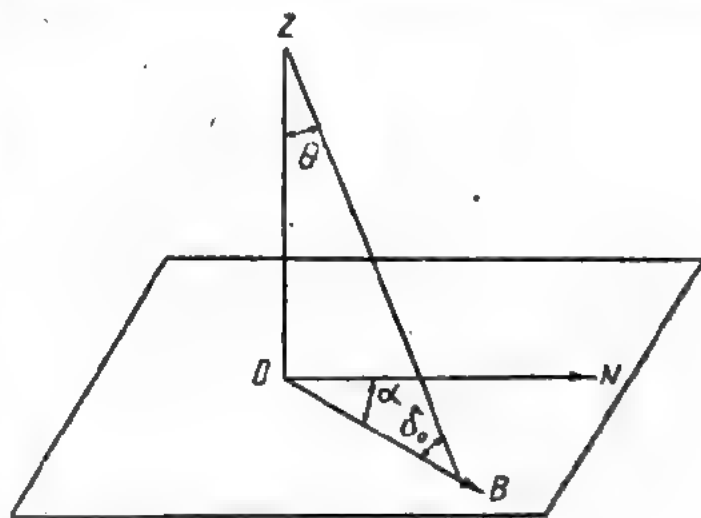


Fig. 82

oricărei porțiuni a sondei se determină ca fiind unghiul orizontal dintre direcția inițială și axa sondei, corectat în raport cu direcția ON .

Ridicarea sondei de foraj are ca scop determinarea unghiurilor θ și α într-o serie de puncte ale ei. În multe cazuri, se limitează la măsurarea unei singure mărimi θ , întrucât această operație, în ce privește partea aparatajului și a organizării lucrului, este mai ușoară decât determinarea unghiului α . Totuși, desfășurarea lucrărilor de foraj și folosirea datelor rezultate din forare, necesită determinarea ambelor mărimi.

La baza diferitelor sisteme de clinometre, cu ajutorul cărora se determină unghiul zenital θ , stau două principii: a) principiul orizontalității suprafeței lichidelor și b) principiul firului cu plumb.

La ridicarea sondelor (determinarea $\angle \theta$) cu diametrul mic, din cauza spațiului limitat, se folosesc aparate bazate pe primul principiu, iar pentru determinarea $\angle \theta$ la sondele cu diametrul mare, se folosesc aparate bazate pe al doilea principiu. Se va arăta că aparatele care servesc la determinarea unghiului θ pot servi, cu ajutorul anumitor metode, și la determinarea azimutului α al sondei.

La determinarea unghiului α se folosesc metode de măsurare directă a unghiului α sau de măsurare indirectă.

Metodele de măsurare directă se bazează pe folosirea aparatelor cu ac magnetic, sau a giroscopelor. Aparatele cu ac magnetic, având o construcție simplă, sunt mai răspândite. Adeseori, din cauza prezenței maselor magnetice, care înconjură sonda, folosirea acestor aparate este limitată, ceea ce face să scadă încrederea față de indicațiile corecte, mai ales pentru că nu se poate controla justetea lor. Dispozitivele cu două ace magnetice dau posibilitatea să se aprecieze prezența maselor magnetice. În construcția acestor aparate, acele sunt așezate unul deasupra altuia și au posibilitatea de a se mișca în plane paralele.

În urma acțiunii reciproce, acele se situează într'un câmp neutru magnetic, unul față de altul, sub un unghi oarecare. Este destul să se introducă în acest câmp o masă magnetică străină, pentru ca unghiul dintre ace să se schimbe și să se poată obține un grad de sensibilitate al acestui dispozitiv, destul de mare. Aceste aparate, cu dispozitivele arătate, nu pot fi folosite, însă, totdeauna, întrucât nu este destul să se constate prezența masei magnetice, care deviază acul magnetic, ci trebuie să se aprecieze influența masei magnetice, sau să se elimine această influență. Prima este greu de executat, iar a doua este imposibilă, în condițiile ridicării sondelor, cu aparate cu ac magnetic.

Instrumentele giroscopice au atins o mare perfecțiune. Cu ajutorul lor, ridicarea sondelor se face destul de repede și precis. Aceste instrumente sunt însă destul de costisitoare și au o construcție com-

plicată; la ridicarea sondelor cu diametrul mic (mai mic decât 5—6") ele nu pot fi folosite.

Precizia indicațiilor giroscopului este asigurată de turația lui mare (până la zeci de mii de rot/min). Micșorarea diametrului giroscopului impune mărirea turației, ceea ce implică greutăți tehnice. Sistemele giroscopice, aplicate la ridicarea sondelor, în ce privește mărirea diametrului, sunt apropiate de limita posibilă.

Din cele expuse rezultă că niciuna dintre metodele determinării directe a unghiului α nu poate fi considerată universală, adică corespunzătoare pentru ridicarea găurilor de sondă de orice diametru și care trec prin roce diferite.

Dacă pentru sondele cu diametrul mare, metodele giroscopice permit o soluționare satisfăcătoare a problemelor, pentru sondele cu diametrul mic, aparatele cu ac magnetic se pot folosi numai în anumite cazuri.

La ridicarea sondelor cu diametrul mic, cu care se fac de obicei explorările la zăcămintele de substanțe minerale utile solide, se aplică, cu prioritate, metodele indirecte pentru determinarea azimutului α al sondei.

Una dintre ele este metoda orientării stratimetrice dela suprafață. Principiul metodei este următorul:

Pe coloana de prăjini care se introduce în sondele de foraj se trasează o generatoare, a cărei poziție justă este asigurată prin folosirea dispozitivelor speciale, care garantează imobilitatea reciprocă a prăjinilor, prin care sunt introduse în sondă aparate stratimetrice. La capătul inferior al coloanei de prăjini se fixează un aparat, care determină înclinarea sondei față de orizont (sau unghiul zenital θ). Semnul făcut pe generatoarea coloanei, care iese din gura sondei, dă orientarea față de o direcție oarecare, fixată. În cazul aplicării aparatului construit pe principiul de orizontalitate a suprafeței lichidelor, meniscul lichidului pe peretele vasului va avea forma de elipsă. Axa mare a acestei elipse, care unește cotele maxime și cotele minime ale nivelului lichidului (calculând dela fundul vasului), fixează direcția axei sondei (direcție apsidală) în punctul unde se află aparatul.

Rezultă că α va fi determinat numeric de unghiul orizontal, cuprins între direcția de orientare și axa reper.

Din observațiile făcute în punctele unde sondele întâlnesc lucrările miniere subterane, rezultă că această metodă dă rezultate satisfăcătoare și se poate aplica cu succes, atât la ridicarea sondelor verticale, cât și la cele înclinate.

A doua metodă indirectă pentru determinarea unghiului α este metoda marșurilor succesive. Această metodă se aplică numai la ridicarea sondelor înclinate; pentru execuție sunt necesare două aparate, de aceeași construcție, care înregistrează înclinarea sondelor,

legate între ele printr-o prăjină complexă cu lungimea de 10—30 m. Ambele aparate se fixează la prăjină și trebuie orientate riguros între ele, adică trebuie orientate după generatoarea însemnată pe partea exterioară a prăjinii complexe. Aparatele introduse în sondă trebuie să fie în contact cu pereții sondei.

Ordinea de lucru cu aparatura indicată constă în următoarele: se lasă întâi dispozitivul în sondă, astfel încât aparatul superior să fie la gura sondei și să se poată determina azimutul generatoarei însemnate pe suprafața cilindrului aparatului superior. Dacă indicațiile aparatelor sunt aceleași, înseamnă că pe porțiunea sondei pe care se aflau aparatele, înclinarea și direcția sondei au rămas neschimbate.

Indicațiile diferite ale aparatelor vor arăta că, pe porțiunea măsurată a sondei, azimutul s'a schimbat. În general, la o legătură rigidă a aparatului, care se găsește la o adâncime oarecare a sondei, față de suprafața terenului, azimutul α al generatoarei acestui aparat poate fi determinat prin metoda prăjinilor orientate.

Mersul ulterior al lucrului, după metoda marșurilor succesive, decurge astfel: sistemul de aparate se lasă la o adâncime egală cu distanța dintre aparate, până când aparatul superior va ocupa poziția celui de jos, la prima determinare. Dacă nu s'a produs nicio rotire în timpul coborîrii sistemului, aparatul superior va da aceleași indicații ca și aparatul inferior dela prima determinare. În cazul când s'a produs o torsiune, unghiul se determină ușor și se elimină la prelucrarea rezultatelor observației. Apoi se determină rezultatele observației aparatului inferior. După aceasta, se lasă din nou sistemul de aparate cu un marș, adică cu lungimea dintre aparate, și se continuă astfel, până când va fi atinsă adâncimea cerută sau talpa sondei. Ridicarea după metoda marșurilor succesive este identică cu o drumuire suspendată.

Determinarea azimutului sondei cu această metodă este mai puțin precisă decât determinarea cu metoda prăjinilor orientate, din cauza însumării erorilor în diferite puncte ale sondei.

La ridicarea sondelor cu adâncimea mare și cu diametrul mic, combinarea metodei prăjinilor orientate cu metoda marșurilor succesive este folositoare, deoarece dă posibilitatea măsurării sondei cu o coloană mai mică decât adâncimea sondei. În consecință, pentru ridicarea sondelor cu diametrul mic se folosește de preferință, metoda determinării indirecte a devierilor sondei și cu aparate bazate pe principiul orizontalității nivelului de lichid. Dintre acestea, cea mai mare răspândire au obținut dispozitivul cu acid fluorhidric și aparatul HKA.

Pentru ilustrarea aparaturii folosite, se va da, pe scurt, și, în general, caracteristica lor.

Pentru determinarea numai a mărimii $\Delta\theta$, de cele mai multe ori se folosesc aparatele cu acid fluorhidric. Acest aparat este cel mai vechi, însă, în același timp, neîntrecut în ce privește simplitatea construcției. Fixarea nivelului lichidului în acest aparat se realizează prin acțiunea chimică a acidului asupra pereților vasului. Timpul de fixare se determină prin gradul de țărnic al soluției. Adeseori se întrebuintează o soluție de 20% acid. La această concentrație, fixarea variază dela 30 de minute până la o oră. Diametrul tuburilor de sticlă variază dela 14 până la 24 mm.

Urma nivelului lichidului, cu linia de pe peretele exterior al tubului, dă mărimea unghiului de înclinare al tronsonului sondei (sau unghiul zenital θ). Când se folosește aparatul cu acid fluorhidric, sau alte aparate asemănătoare, trebuie să se țină seamă de capilaritatea lichidelor. Din cauza capilarității, suprafața lichidelor în vase nu este plană, ci concavă sau convexă, după cum lichidul udă sau nu pereții vasului. Această concavitate sau convexitate mai depinde și de mărimea diametrului vasului; ea

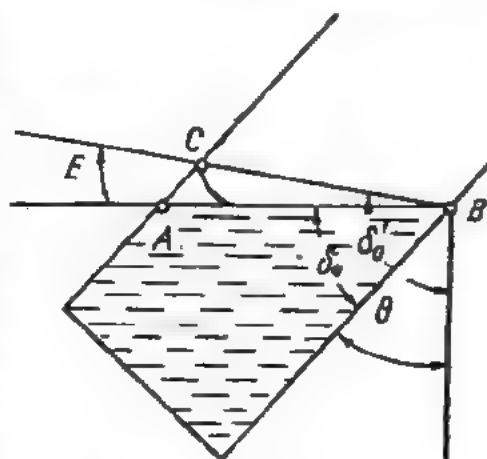


Fig. 83

este cu atât mai mare, cu cât diametrul este mai mic. La poziția înclinată a tubului, lichidul care udă pereții vasului se va ridica în locul unde lichidul întâlnește pereții vasului sub un unghi ascuțit, mai mult decât în partea unde lichidul întâlnește pereții vasului, sub un unghi obtuz (fig. 83). Din această cauză, linia de intersecție a suprafeței lichidului cu pereții tubului (sau urma coroziunii pe sticlă), în poziția înclinată, nu este conținută în planul orizontal AB, ci într-o altă suprafață oarecare BC, situată sub un unghi E , față de planul orizontal. Cum rezultă din fig. 83, unghiul de înclinare δ_0 și unghiul zenital θ al cilindrului se vor obține din expresiile:

$$\left. \begin{aligned} \delta_0 - \delta'_0 - E \\ \theta = 90^\circ - \delta_0 \end{aligned} \right\}, \quad (2.12')$$

în care δ'_0 este măsurat pe urma coroziunii sticlei și reprezintă unghiul de înclinare al cilindrului, iar E , corecția introdusă pentru capilaritate.

Corecția E variază în funcție de diametrul vasului, de înclinarea lui, de materialul pereților, de proprietatea suprafeței și de felul lichidului.

În toate celelalte condiții, corecția E variază în funcție de unghiul zenital astfel: pentru θ cuprins între 0° și $30-35^\circ$, corecția E crește proporțional cu mărimea unghiului θ , apoi creșterea se micșorează, atingând valoarea maximă pentru $\theta \approx 45^\circ$, după care începe să scadă. Din cauza multiplilor factori, care influențează corecția E , este greu de dat o tabelă sau un grafic al variației corecției E . Totuși, luând în considerație capilaritatea, se poate recomanda respectarea următoarelor măsuri (48):

1. să se aleagă o concentrație a soluției (aproximativ 20%), cu care, după felul sticlei date, se obțin urme evidente de coroziune pe pereții tubului, apoi să se întrebuințeze această soluție;
2. să se folosească tuburi din același material și aproximativ, cu același diametru;
3. să se determine experimental mărimile corecției E pentru diferite valori ale unghiului θ .

Pentru a avea o imagine a valorii corecției E , se dă mai jos o tabelă, cu mărimile numerice, pentru următorii diametri ai tuburilor de sticlă (48):

Numărul tubului	Diametrul în mm		Observații
	exterior	interior	
Nr. 1	16,9—18,3	13,6—14,6	Tăiate din tuburi lungi Tuburi de nivel Eprubete de sticlă subțire Eprubete de sticlă groasă
Nr. 2	21,8—22,0	15,0—15,2	
Nr. 3	15,0	14,0	
Nr. 4	25,0	22,0	

Soluția de acid fluorhidric folosită a fost în concentrație de 20%.

Valorile corecției E pentru tuburile nr. 1—4

Tabela 2

θ	$\theta-E$				E			
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4
10°	7	7	8	8	3	3	2	2
20°	13	14	15	15	7	6	5	5
30°	18	19	22	24	12	11	8	6
40°	26	27	30	32	14	13	10	8
45°	30	32	35	37	15	13	10	7
50°	35	39	41	43	15	11	9	7
60°	47	51	52	54	13	9	8	6
70°	60	63	64	65	10	7	6	5

Din tabela arătată rezultă că mărimea corecției este importantă și că introducerea ei în formula (2.12'), pentru determinarea unghiului de înclinare θ_0' este obligatorie.

Expresia grafică a mărimii corecției E , în funcție de unghiul zenital θ , pentru tuburile nr. 2, la concentrație de 20% a acidului, este dată în fig. 84.

Precizia de determinare a unghiului θ , cu ajutorul aparatului cu acid fluorhidric, nu este mare ($\pm 1...2^\circ$).

Pentru determinarea completă a elementelor de deviație ale sondelor cu diametrul mic se folosesc, pe scară mare, aparatele HKA. Indicațiile azimutale ale aparatului nu depind de influențe magnetice, deoarece se bazează pe folosirea prăjinilor orientate.

Particularitatea caracteristică a aparatului HKA constă în faptul că toate elementele lui se unesc între ele în coloană cu ajutorul legăturilor orientate. Pen-

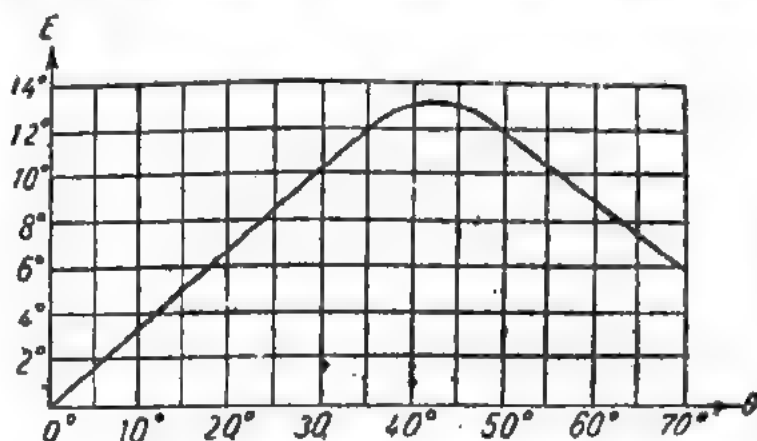


Fig. 84

tru compunerea coloanei se folosesc prăjini cu diametrul de 40 mm și cu sistem cu mufă superioară și inferioară. Imbinarea prăjinilor orientate se face cu ajutorul mufelor de strângere.

Cartușul de măsurat este prevăzut, de asemenea, la ambele capete, cu mufe. De aceea, el poate fi așezat în orice loc, între prăjinile orientate. Serviciul cartușului de măsurat se bazează pe principiul de fixare a suprafeței lichidului. Lichidul este un electrolit, cu care se umple până la o înălțime anumită spațiul inelar dintre catodul cilindric și pereții paharului electrolitic, care formează partea vasului anodic.

Poziția suprafeței electrolitului se fixează cu ajutorul curentului electric, care precipită din electrolit pojghița subțire de cupru roșu, pe suprafața catodului.

După ce întreaga coloană de prăjini, împreună cu cantitatea necesară de cartușe măsurătoare, au fost introduse în sondă, nivelul lichidului în toate cartușele de măsurat se fixează cu ajutorul curentului electric în același timp.

La executarea măsurătorilor de deviere a sondelor, problema cea mai importantă este rotirea generatoarelor nule de pe suprafața cartușelor de măsurat, față de mufa superioară a prăjinii superioare. Pentru aceasta, determinarea rotirii mufei coloanei constituie una dintre operațiile pregătitoare importante.

La acestea, gradul de rotire se determină cu ajutorul capetelor de rotire sau de nivelare, introduse în acest scop, la capetele fiecărei coloane.

Timpu de precipitare a cuprului pe catod este de aproximativ zece minute. Înălțimea de precipitare a cuprului pe catod se măsoară cu ajutorul microscopului, cu o precizie de $\pm 0,1$ mm. Despre precizia determinării elementelor unghiulare ale deviației sondelor, cu ajutorul aparatului HKA, se va trata mai jos. Se menționează numai că, la cartușele HKA, diametrul catodului se ia de 17 mm, iar intervalul dintre catod și pereții paharului anodic este de 3 mm. Pentru cartușele arătate, valorile corecției E , obținute experimental, pentru capilaritate, sunt date în tabela 3.

Tabela 3

Mărimea corecției E pentru aparatul HKA

Unghiul măsurat ($\theta + E$)	10°	20°	30°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°
Corecția pentru capilaritate E	0°,6	1°,2	1°,8	2°,3	2°,3	1°,8	1°,2	0°,6	0°,3	0°,2

În tabele trebuie să se observe următoarele două fapte.

Primul: mărimea corecțiilor din cauza capilarității este aici mai mică decât a corecțiilor analoage, în cazul determinării unghiului θ , cu ajutorul aparatelor cu acid fluorhidric.

Al doilea: unghiul zenital măsurat ($\theta + E$) este mai mare decât unghiul real θ , în timp ce, la determinarea unghiului zenital, făcut cu aparatul cu acid fluorhidric, se întâmplă fenomenul invers.

Diferența dintre semnele corecțiilor se explică prin aceeași situație, de care s'a amintit mai sus, și anume: ridicarea lichidului care udă pereții în urma forțelor capilare este cu atât mai mare, în locul peretelui solid, cu cât unghiul dintre suprafața lichidului și perețele vasului este mai mic.

În aparatul cu acid fluorhidric, unghiul ascuțit este așezat în peretele stâng al vasului, iar la aparatul HKA, în peretele din dreapta al catodului. Date mai complete despre aparatele arătate, cum și informații despre alte aparate folosite la ridicările stratimetrice ale sondelor, se află în manualele de specialitate respective.

c) Clinometre bazate pe folosirea orizontalității nivelului lichidelor

Se va insista puțin asupra părții geometrice a folosirii orizontalității nivelului lichidului, în legătură cu ridicarea sondelor de foraj.

S'a arătat mai sus că, introducând în sondă, prin prăjini, un vas cilindric sau așa numitul cartuș, în care s'a turnat lichid și fixând, într'un mod oarecare, linia de intersecție a suprafeței libere a lichidu-

lui pe pereții cartușului, se va obține, pe peretele ultimului, o urmă în formă de cerc sau de elipsă. Cercul corespunde poziției verticale a sondei, iar elipsa, poziției ei înclinată. Adeseori, linia de intersecție a suprafeței libere a lichidului nu se obține cu pereții cartușului ci pe suprafața pivotului cilindric, fixat concentric în cartuș, cum se întâmplă în aparatul HKA, ceea ce nu schimbă esența problemei.

Datorită legăturii rigide dintre cartușul de măsurat cu prăjini și suprafața terenului, există și posibilitatea determinării azimutului sondei. Expunerea problemei va fi precedată de câteva definiții (48).

1. suprafața nivelului lichidului este un plan orizontal tangent la suprafața liberă a lichidului din cartuș, în punctul de intersecție al lichidului cu axa lungă a cartușului.

2. Unghiul zenital θ este unghiul dintre verticală și axa cartușului (fig. 85, a).

3. Orientarea (direcția apsidală) cartușului în planul orizontal este dreapta care trece prin axa cartușului și prin punctul cu poziția cea mai joasă a lichidului din cartuș. În cazul când cartușul

este în poziția verticală, nu există orientare, deoarece toate punctele planului de nivel al lichidului în cartuș sunt la aceeași înălțime, față de secțiunea perpendiculară pe axa cartușului (fig. 85, a).

4. Planul de orientare (apsidal) este un plan vertical, care trece prin direcția de orientare (fig. 85, a, fig. 85, b). În acest plan se găsește unghiul zenital θ . Planul de orientare (apsidal) se notează prescurtat, *pl* (*max-min*).

5. Direcția de orientare este arbitrară, însă este aleasă anume în planul orizontal de direcție, care trece prin axa sondei (fig. 85, a).

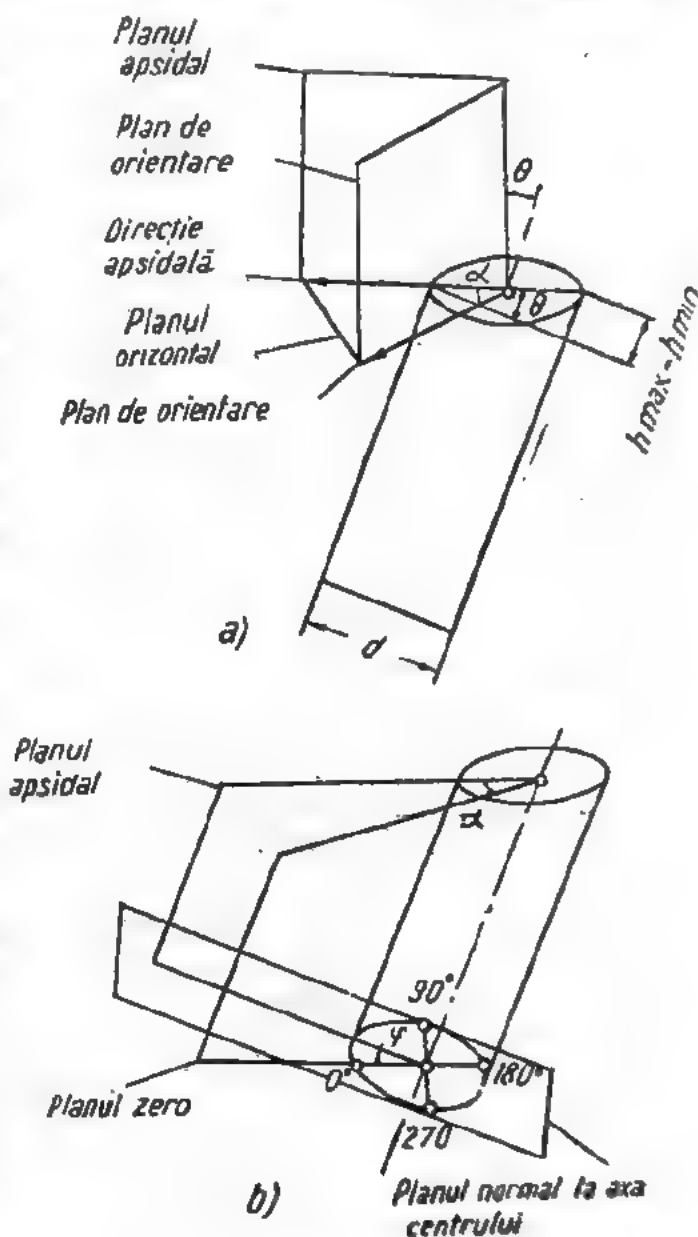


Fig. 85

Pentru sondele verticale, alegerea direcției de orientare poate fi luată arbitrar. Pentru sondele înclinate, direcția de orientare este, de obicei, direcția proiecției orizontale a axei sondei, pentru porțiunea ei superioară (dela 0 până la 6 m adâncime) pe înclinarea sondei date. Rezultă că direcția de orientare astfel aleasă este „direcția inițială”, din care cauză ea va figura, adeseori, sub această denumire.

În practică, direcția inițială se determină prin direcția de orientare (apsidală) a cartușului în limitele intervalului arătat din sondă.

6. Planul de orientare este planul vertical, care trece prin direcția de orientare (fig. 85, *a*). Acest plan se numește inițial, dacă trece prin direcția inițială.

7. Azimutul (unghiul de direcție) α al sondei este un unghi orizontal, între direcția de orientare (inițială) și direcția de reper (apsidală) (fig. 85, *a*, fig. 85, *b*). Se citește dela direcția de orientare către direcția de reper, în sensul mișcării acelor unui ceasornic. Azimutul α al sondei poate fi cel geografic, magnetic, sau convențional, în funcție de sistemul în care a fost luată direcția de orientare.

8. Generatoarea nulă este o generatoare oarecare, însă este bine determinată pe suprafața cartușului de măsurat, imaginară sau marcată printr-o linie.

9. Direcția nulă este direcția de pe planul perpendicular pe axa cartușului și este îndreptată dela axa cartușului spre generatoarea nulă, pe suprafața cartușului (fig. 85, *b*).

10. Planul nul este planul care trece prin axa cartușului și generatoarea nulă (fig. 85, *b*). Direcția nulă se găsește în acest plan. Planul nul se notează prescurtat, *pl* ($0-180^\circ$). Planul care trece prin axa cartușului și este perpendicular pe planul nul se notează prescurtat, *pl* ($90-270^\circ$).

11. Unghiul reper (apsidal) φ (fig. 85, *b*) este unghiul dintre direcția nulă și proiecția direcției reper (apsidale), pe planul perpendicular pe axa cartușului. Citirea unghiului reper se face dela direcția nulă către proiecția arătată a direcției de reper, în sensul mișcării acelor unui ceasornic.

12. Unghiul raportat reper φ' este unghiul dintre proiecțiile direcțiilor de orientare (sau inițiale) și direcția reper, din planul perpendicular pe axa cartușului. Citirea unghiului φ' se face în aceeași direcție ca și citirile unghiurilor azimutale și de reper.

Determinarea unghiului zenital θ .

Unghiul de înclinare δ al sondei față de orizont se determină, după mărimea unghiului zenital θ , din relația

$$\delta_0 = 90^\circ - \theta, \quad (2.13)$$

După cum rezultă din fig. 85, *a*, unghiul zenital θ se poate determina din măsurătorile date h_{max} și h_{min} ale înălțimilor de pre-

precipitare (sau urme de coroziune) de pe pereții cartușului sau ai cilindrului, folosind relația:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{d}, \quad (2.14)$$

în care d este diametrul cartușului (cilindrului).

Determinarea unghiului reper (apsidal) φ .

În timpul afundării cartușului (cilindrului) cu prăjinile în sondă cu dublă deviație, poziția planului reper se va schimba în funcție de variația unghiului reper φ . Determinarea unghiului reper se face prin măsurarea înălțimii de precipitare pe generatoarele cartușului (cilindrului), în punctele de intersecție cu planele $(0-180^\circ)$ și $(90-270^\circ)$. Dacă înălțimile măsurate vor fi notate corespunzător cu h_0 , h_{90} , h_{180} , h_{270} , atunci φ se va obține, față de plan, din expresia:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{h_{270} - h_{90}}{h_{180} - h_0}. \quad (2.15)$$

Formula (2.15) se deduce astfel (48). La poziția înclinată a sondei, planul nivelului lichidului, în secțiunea cu suprafața cilindrului, dă o elipsă (fig. 86). Se ia sistemul de axe de coordonate $oxyz$, unde axa oz coincide cu axa cilindrului (fig. 86), iar axa ox , cu direcția nulă. Planul de nivel al lichidului $GFEDKJ$, intersectează axa cilindrului în punctul O' , la distanța b dela baza cilindrului (originea coordonatelor).

Ecuția acestui plan se prezintă sub forma următoare:

$$Ax + By + C(z - b) = 0. \quad (2.16)$$

Se scrie ecuația cercului dela baza cilindrului

$$x^2 + y^2 = a^2, \quad (2.17)$$

în care a este raza cilindrului (cartușului).

Se secționează planul $GFEDKJ$ cu planul zox . Ecuția liniei de intersecție a planelor arătate se va obține din rezolvarea ecuațiilor:

$$\begin{aligned} Ax + By + C(z - b) &= 0 \\ y &= 0. \end{aligned}$$

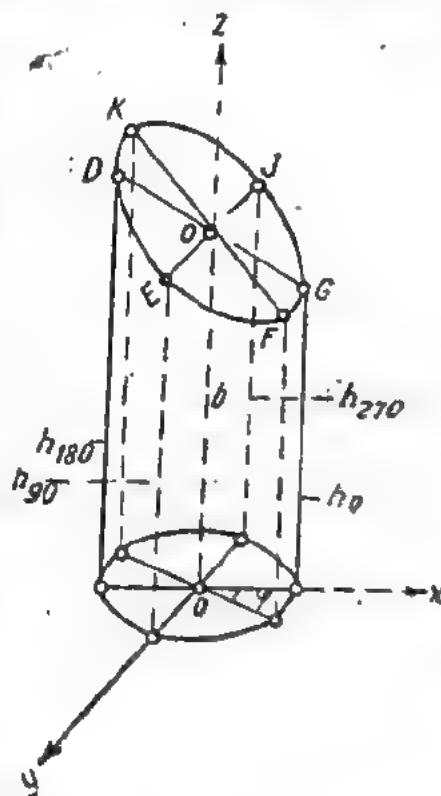


Fig. 86

Se va scrie, deci, sub forma

$$Ax + C(z - b) = 0. \quad (2.18)$$

Ordonatele z , de intersecție a dreptei GD cu suprafața cilindrului, se vor obține dacă în ecuația (2.18) se în $x = a$ (pentru punctul G) și $x = -a$ (pentru punctul D) și se rezolvă în raport cu z :

$$z = \frac{Cb - Aa}{C} = h_0 \quad (\text{pentru } x = a);$$

$$z = \frac{Cb + Aa}{C} = h_{180} \quad (\text{pentru } x = -a).$$

Astfel se exprimă grosimile de precipitare pe perețele cilindrului. De aici rezultă:

$$h_{180} - h_0 = \frac{2Aa}{C}. \quad (2.19)$$

În același fel se va intersecta planul elipsei $GFEDKJ$ cu planul zoy . Ecuația liniei de intersecție (dreapta \overline{EJ}) a acestor plane se va scrie sub forma:

$$By + C(z - b) = 0.$$

Se presupune că $y = a$ și $y = -a$ și, rezolvând-o în raport cu z , se obține:

$$z = \frac{Cb - Ba}{C} = h_{90} \quad (\text{pentru } y = a)$$

$$z = \frac{Cb + Ba}{C} = h_{270} \quad (\text{pentru } y = -a)$$

și

$$h_{270} - h_{90} = \frac{2Ba}{C}. \quad (2.20)$$

Unghiul reper φ , pentru care se deduce formula, se determină prin poziția punctului F al planului $GFEDKJ$, adică prin poziția punctului care are z_{min} (h_{min}). Acest punct satisface ecuațiile (2.16) și (2.17). Acestea vor fi folosite pentru calcularea a trei necunoscute, adică coordonatele x , y , z ale punctului F . Pentru aceasta, se va exprima una dintre aceste necunoscute în funcție de cealaltă necunoscută, de exemplu, pe x prin y din ecuația (2.17)

$$x = \pm \sqrt{a^2 - y^2}. \quad (2.21)$$

Substituind pe x din ultima expresie în formula (2.16), se obține

$$z = \frac{Cb - Ax - By}{C} = \frac{1}{C}(C^2b \pm A\sqrt{a^2 - y^2} - By). \quad (2.22)$$

În această formulă, semnul superior (+) înaintea radicalului corespunde ramurii superioare a elipsei, iar semnul inferior (—), ramurii inferioare a elipsei.

Pentru determinarea lui z_{min} (h_{min}), se diferențiază ecuația (2.22) și se egalează $\frac{dz}{dy}$ cu zero:

$$\frac{dz}{dy} = \frac{Ay}{\pm \sqrt{a^2 - y^2}} - B = 0. \quad (2.23)$$

Din ultima expresie, se obține:

$$\begin{aligned} A^2 y^2 &= B^2 (a^2 - y^2), \\ (A^2 + B^2) y^2 &= B^2 a^2, \\ y &= \frac{Ba}{\sqrt{A^2 + B^2}}. \end{aligned} \quad (2.24)$$

Înlocuind valoarea obținută pentru y în ecuația (2.21), se obține

$$x = \sqrt{a^2 - y^2} = \sqrt{a^2 - \frac{B^2 a^2}{A^2 + B^2}} = \pm \frac{Aa}{\sqrt{A^2 + B^2}}. \quad (2.25)$$

Astfel, poziția z_{min} (h_{min}) se determină prin coordonatele x și y .

Folosind expresiile (2.24) și (2.25), cum și (2.19) și (2.20), se obține unghiul reper

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{y}{x} = \frac{B}{A} = \frac{h_{270} - h_{90}}{h_{180} - h_0},$$

Ultima reprezintă formula căutată (2.15).

Determinarea azimutului sondei

Dacă se rotește cilindrul înclinat, umplut cu lichid, în jurul axei sale lungi, generatoarea nulă este vizibilă; în acest caz, cu toate că direcția reper va rămâne invariabilă, unghiul reper φ își va schimba mărimea în timpul unei rotiri complete a cilindrului în jurul axei sale, întrucât, la aceasta, direcția nulă își va schimba poziția. Se va folosi aceasta pentru stabilirea relației dintre variația unghiului reper φ și variația azimutului α , pentru a-l determina după valorile date ale unghiului φ .

Se rotește cilindrul în jurul axei sale lungi cu un unghi foarte mic $\Delta\varphi$; înclinarea cilindrului se determină prin unghiul zenital θ . Pentru aceasta se imaginează că centrul o al bazei cilindrului se găsește în centrul sferei (fig. 87). Rotirea cilindrului cu unghiul $\Delta\varphi$ se va reprezenta pe suprafața sferei prin arcul $\widehat{DD'}$. Prin punctele D, D' și prin verticala oz , se duc două plane. Acestea vor da, pe suprafața sferei, triunghiul ZDD' , în care unghiul DZD' este egal cu $\Delta\varphi$; latura $\widehat{DD'}$ se măsoară prin unghiul $\Delta\varphi$, latura \widehat{DZ} se

măsoară prin unghiul $(90^\circ - \theta)$ și unghiul ZDD' , diferă foarte puțin de un unghi drept.

După teorema sinusurilor, avem:

$$\frac{\sin \Delta \alpha}{\sin \Delta \varphi} = \frac{1}{\sin (90^\circ - \theta)},$$

de unde

$$\sin \Delta \alpha = \frac{\sin \Delta \varphi}{\cos \theta}. \quad (2.26)$$

La determinarea variației azimutului $\Delta \alpha$ după variația unghiului reper $\Delta \varphi$ se folosește formula (2.26). La variații frecvente ale elementelor de deviație ale sondei (de exemplu la intervale de cel puțin 30 m), mărimile $\Delta \varphi$ și $\Delta \alpha$ sunt atât de mici, încât, în locul valorii sinusurilor acestor unghiuri, se poate folosi chiar valoarea unghiurilor, adică se înlocuiește expresia (2.26) prin expresia

$$\Delta \alpha = \frac{\Delta \varphi}{\cos \theta}. \quad (2.27)$$

Folosind expresia de mai sus, variația unghiului de azimut α , de la capătul de sus până la capătul de jos al coloanei de prăjini de foraj, se calculează astfel:

$$\alpha_n - \alpha_1 = \sum_1^n \frac{\Delta \varphi}{\cos \theta}. \quad (2.28)$$

Pentru variații mai brusce ale elementelor de deviație ale sondelor, calculele se fac cu formula (2.26).

Cunoscând unghiul inițial azimutal al sondei și variația sa la diferite adâncimi, se pot stabili succesiv azimutele tuturor intervalelor sondei.

d) Precizia determinării unghiurilor θ și φ la măsurările făcute cu aparatul HKA

La baza determinării unghiurilor θ și φ stă măsurarea înălțimii de precipitare pe pereții cilindrului și aceste înălțimi se determină cu eroarea $\pm 0,1$ mm.

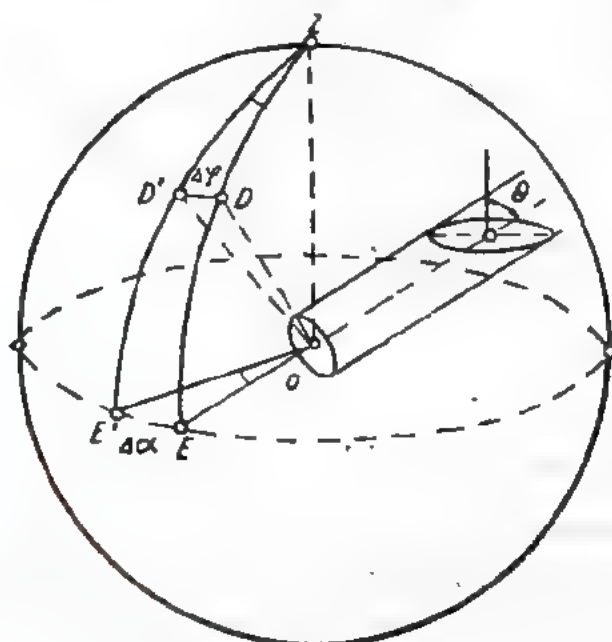


Fig. 87

Din formula

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{d}$$

rezultă că eroarea maximă va fi atunci când erorile de 0,1 mm, care s'au comis la determinarea înălțimilor precipitatului h_{\max} și h_{\min} , s'au făcut în sensuri diferite.

Fie unghiul zenital $\Theta = 5^\circ$. În baza formulei de mai sus, se scrie ecuația

$$0,0875 = \frac{x}{17},$$

în care 17 este diametrul cilindrului, în mm.

De aici, $x = h_{\max} - h_{\min} = 1,487$ mm. Se admite că h_{\max} este determinat cu 0,1 mm în plus față de valoarea reală a înălțimii h_{\max} iar h_{\min} este determinat cu 0,1 mm în minus față de valoarea reală h_{\min} , adică s'a găsit că $x = 1,687$ mm. În acest caz, vom avea $\operatorname{tg} \theta = 0,099$ și $\theta = 5^\circ,7$.

Dacă se ia $x = 1,487 - 0,2 = 1,287$ mm, se obține $\operatorname{tg} \theta = 0,076$ și $\theta = 4^\circ,3$.

Astfel, eroarea la determinarea unghiului zenital θ , pentru valorile unghiului θ , apropiate de 5° , este de $\pm 0,7^\circ$.

Făcând operații analoage pentru alte valori ale unghiului, se va obține tabela următoare (48) a erorilor maxime la determinarea unghiului zenital (tabela 4).

Tabela 4

Eroarea maximă la determinarea unghiului θ cu aparatul HKA

Pentru valorile $\theta =$	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Eroarea maximă	$\pm 0,7^\circ$	$\pm 0,7^\circ$	$\pm 0,6^\circ$	$\pm 0,5^\circ$	$\pm 0,4^\circ$	$\pm 0,3^\circ$	$\pm 0,2^\circ$

Din tabelă rezultă că unghiul zenital θ se determină cu precizie suficientă pentru scopuri practice.

Să se determine eroarea maximă la calcularea unghiului reper, în măsurătorile cu aparatul HKA.

Pentru aceasta se va folosi formula:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{h_{270} - h_{90}}{h_{180} - h_0}.$$

Diferențele înălțimilor, care intră în formulă sunt, de cele mai multe ori, mai mici decât diferența ($h_{\max} - h_{\min}$) și numai într'un singur caz egale cu ea. Eroarea maximă la determinarea unghiului φ

va fi atunci, când erorile de 0,1 mm, la măsurarea înălțimilor h_{270} , h_{90} , h_{180} , h_0 , se vor situa în sensuri diferite și dacă planul nul (sau planul perpendicular pe el) va coincide cu planul reper.

Fie pentru $\Theta = 5^\circ$, iar $pl (90-270)$ să coincidă cu planul reper. Atunci

$$\begin{aligned} h_{270} - h_{90} &= 1,487 \text{ mm}, \\ h_{180} - h_0 &= 0 \text{ sau } \varphi = 90^\circ. \end{aligned}$$

Se presupune că, în locul valorilor precise pentru diferențele înălțimilor arătate, s'au obținut diferențele:

$$\begin{array}{ll} 1) \ h_{270} - h_{90} = 1,687 \text{ mm} & 2) \ h_{270} - h_{90} = 1,287 \text{ mm} \\ \quad \quad \quad h_{180} - h_0 = \pm 0,2 \text{ mm} & \quad \quad \quad h_{180} - h_0 = \pm 0,2 \text{ mm}. \end{array}$$

Calculând din aceste date unghiul φ , se va obține:

$$\begin{array}{ll} 1) \ \varphi = 83^\circ,2 & 2) \ \varphi = 81^\circ,2 \\ \quad \quad \quad \varphi = 96^\circ,8 & \quad \quad \quad \varphi = 98^\circ,8. \end{array}$$

Astfel, unghiul reper φ , în condițiile date, se determină cu o eroare maximă de $\pm 6^\circ,8$ și $\pm 8^\circ,8$.

Efectuând în mod analog calculul erorilor maxime la determinarea unghiului φ , pentru o serie de valori ale unghiului Θ , se vor obține datele arătate în tabela 5.

Tabela 5

Eroarea maximă la determinarea unghiului φ cu aparatul HKA

Pentru valorile unghiului $\Theta =$	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Eroarea maximă pentru φ	$\pm 8^\circ,8$	$\pm 4^\circ,1$	$\pm 1^\circ,9$	$\pm 1^\circ,2$	$\pm 0^\circ,8$	$\pm 0^\circ,6$	$\pm 0^\circ,4$

Rezultă că unghiul reper φ , pentru valori mici ale unghiului Θ (până la $15-20^\circ$), sau pentru unghiuri mai mari de înclinare a sondei, este afectat de eroarea maximă periculoasă. Totuși, în practică, această poziție nefavorabilă a planelor ($0-180^\circ$) și ($90-270^\circ$), față de planul reper, se întâmplă destul de rar; aceasta se poate corecta ușor cu ajutorul planelor ajutătoare.

Variația azimutului α este în funcție de variația unghiului reper Θ , dată prin relația

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta\varphi}{\cos\Theta}.$$

Din această cauză, pentru valorile unghiului Θ , apropiate de 90° (unghiul de înclinare al sondei este aproape de 0°), valorile unghiului α sunt nedeterminabile. Pentru a evita aceasta și pentru a obține,

pe suprafața cilindrului, o linie închisă a precipitatului, trebuie ca unghiul zenital să nu fie mai mare decât 70° .

La ridicarea stratimetrică, sunt supuse determinării nu numai mărimile unghiulare, ci și mărimile liniare sau distanțele în sondă, între punctele pentru care se face măsurarea unghiurilor θ și φ . Măsurarea lungimilor se face cu panglică de oțel la suprafață, în timpul compunerii coloanei din prăjinile de orientare. Aceste măsurători se fac cu precizie de 1 cm. Măsurarea distanțelor dela gura sondei până la contactul rocilor se face, deasemenia, prin coioana de prăjină. Este necesar să se menționeze că determinarea valorilor de lungime, la ridicarea sondelor, se face în condiții mult mai favorabile, decât măsurarea unghiurilor. Deaceia, ele servesc ca bază pentru determinările stratimetrice.

Din cele expuse rezultă că precizia măsurărilor făcute cu aparatul HKA se poate lua egală cu $1/100$. În consecință, pentru folosirea rezultatelor ridicării, se pot aplica, cu același efect, atât metodele analitice, cât și cele grafice, iar în metoda analitică, pentru obținerea mărimilor căutate, se poate folosi cu succes rigla de calcul.

e) Prelucrarea rezultatelor obținute prin măsurare

La ridicarea înălțimilor de precipitare a cuprului pe cilindrul catodului este mai ușor să se aranjeze însemnările după schema:

0°	26,4	20°	24,8	40°	23,6	60°	22,8	$h_{max}=39,0$
180°	31,8	200°	33,8	220°	34,9	240°	35,6	$h_{min}=19,3$
	58,2		58,6		58,5		58,4	
90°	23,2	110°	24,5	130°	26,4	150°	28,8	
270°	35,0	290°	33,7	310°	31,7	330°	29,5	
	58,0		58,2		58,8		58,3	

Controlul înălțimilor măsurate constă în faptul că suma înălțimilor dela capetele opuse ale fiecărui diametru trebuie să fie aceleași. Rezultatele măsurării înălțimilor precipitatului sunt satisfăcătoare, când diferența sumelor în raport cu valoarea lor medie, nu este mai mare decât 0,3—0,4 mm.

La calcularea unghiului θ' , se folosește formula (2.14).

$$\begin{array}{lcl} \text{Exemplu: } h_{max}=39,0 & \text{tg } \theta' = \frac{19,7}{17} & \frac{1,29447}{1,23045} \\ h_{min}=19,3 & & \lg \text{tg } \theta' = 0,06402 \\ \hline & 19,7 & \end{array}$$

Măsurătoarea	$\theta' = 49^\circ,2$
Corecția pentru capilaritate	$E = 1^\circ,7$
Unghiul zenital	$\theta = 47^\circ,5$
Unghiul de înclinare al sondei	$\theta_0 = 42^\circ,5$

Corecția pentru capilaritate E se obține prin interpolarea, după tabelă, a valorilor pentru unghiul zenital măsurat.

După determinarea unghiului zenital se face calculul unghiului reper φ cu formula (2.15). Datele și rezultatele de calcul sunt indicate în tabela 6.

Calculul unghiului reper

Tabela 6

270—90°	180—0°	290—110°	200—20°	310—130°	220—40°	330—150°	240—60°
35,0 23,2 <u>11,8</u>	31,8 26,4 <u>5,4</u>	33,7 24,5 <u>9,2</u>	33,8 24,8 <u>9,0</u>	31,7 26,4 <u>5,3</u>	34,9 23,6 <u>11,3</u>	29,5 28,8 <u>0,7</u>	35,6 22,8 <u>12,8</u>
1,07188— 0,73239 <u>0,33949</u>		0,96379— 0,95424 <u>0,00955</u>		0,72428— 1,05308 <u>9,67120</u>		9,84510— 1,10721 <u>8,73789</u>	
65°,4 — <u>65°,4</u>		45°,6+ 20° <u>65°,6</u>		25°,1+ 40° <u>65°,1</u>		03°,2+ 60° <u>63°,2</u>	
$\varphi = 65°,3$							

În primul șir sunt însemnați simbolic diametrii, în șirurile al doilea și al treilea sunt înscrise înălțimile precipitatului la capetele corespunzătoare ale diametrilor, iar în șirul patru, diferențele

$$h_{270} - h_{90}, \quad h_{170} - h_0, \text{ etc.}$$

cu semnele corespunzătoare; în șirul al cincilea, logaritmi număratorului; în șirul al șaselea, logaritmi numitorului; în șirul al șaptelea, logaritmi câtlui; în șirul al optulea, valorile unghiurilor reper; în șirul al nouălea, numărul întreg de grade pentru aducerea unghiului reper în cadranul corespunzător, conform regulii cadranelui; în șirul al zecelea, rezultatele obținute la calculul unghiului reper pentru fiecare pereche de diametri, reciproc perpendiculari; în ultimul șir, valorile medii ale unghiului φ din toate rezultatele obținute.

Calculul unghiului φ , după patru perechi de diametri, reciproc perpendiculari, garantează eliminarea erorilor în măsurarea înălțimii și în calcule. În exemplul arătat, în valoarea medie a unghiului nu este inclus rezultatul calculului după a patra pereche de diametri, deoarece trebuie să se presupună că acest rezultat s'a deformat mult pe seama erorii relative mari, la determinarea diferenței de înălțimi pe diametru (330—150°).

Prima pereche de diametri se consideră de bază. Într-o poziție nefavorabilă a acestei perechi de diametri, eroarea de calcul al

unghiului φ poate fi apreciabilă și, în acest caz, valoarea medie a unghiului reper se calculează din celelalte trei perechi de diametri.

După calculul unghiului φ , pentru toate cartușele de măsurat care au fost folosite la măsurare, este necesar, după datele de torsiune, să se determine valorile unghiurilor reper față de direcția inițială (de orientare) și apoi să se calculeze azimutele α .

Cum rezultă din fig. 88, pentru calculul unghiului reper (apsidală) al unui cartuș oarecare față de planul inițial (orientare), este

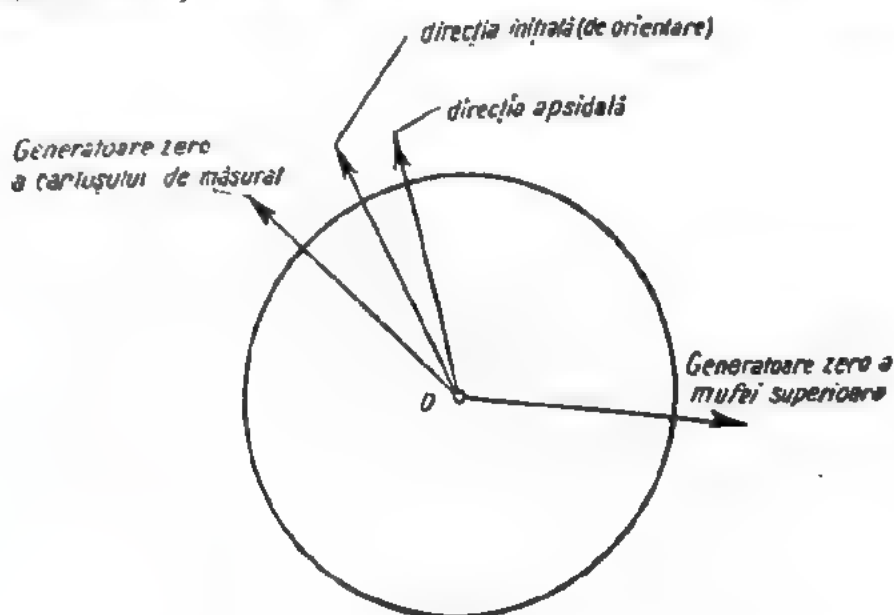


Fig. 88

necesar să se cunoască rotirea planului inițial față de generatoarea nulă a mufei superioare a coloanei, rotirea dela aceste generatoare a generatoarei nule a cartușului de măsurat și unghiul de reper al cartușului. Aceasta rezultă din exemplul de măsurare a deviației sondei, redat în tabela 7 (48).

Tabela 7

Calculul elementelor de deviație ale sondei

Nr. cartușului	Adâncimea măsurătorii, în m	Unghiul de rotire al generatoarei zero a mufei superioare a coloanei dela planul inițial (de orientare)	Unghiul de rotire al generatoarelor zero ale cartușelor dela generatoarea zero a mufei superioare a coloanei	Unghiurile reper φ după cartuș	Unghiurile reper dela planul inițial (de orientare)	Azimutele α	Unghiurile zenitale θ	Unghiurile de inclinare δ
7	5,60	120°	127°	113°	00°	00°	30,2°	59,8°
6	54,06	—	288°	316°	03°	03,5°	34,3°	55,7°
5	102,52	—	220°	27°	07°	08,5°	39,7°	51,3°
4	150,98	—	321°	289°	10°	12,5°	43,1°	46,9°
3	199,44	—	348°	254°	02°	02,9°	49,8°	40,2°
2	247,90	—	305°	287°	352°	344,6°	54,6°	35,4°
1	296,36	—	32°	188°	340°	322,3°	59,9°	30,1°

Dacă direcția inițială (de orientare) coincide cu sensul pozitiv al axei x , cu direcția meridianului geografic sau magnetic, azimutele calculate vor fi definitive. În caz contrar, ele vor fi relative și, ulterior, trebuie să fie supuse recalculării într'un sistem sau în celălalt. Recalcularea unghiurilor reper φ în azimute α se face pornind de la numărul de măsurători după formula (2.26) sau după formula (2.27).

f) Construcția grafică a profilului și a planului unei sonde înclinate deviate

În legătură cu calculul coordonatelor punctului de intersecție al unei sonde înclinate deviate cu un strat și, în general, la folosirea datelor de explorare cu sonde deviate, este nevoie de construcția grafică a secțiunii și a proiecției orizontale a sondei. De exemplu, se cere să se determine coordonatele punctului K , care este intersecția sondei înclinate deviate cu acoperișul zăcământului. Ca mărimi inițiale sunt date coordonatele dela gura sondei A (x_A, y_A, z_A), iar rezultatele ridicării stratimetrice a sondei se aranjează sub forma unei tabele (tabela 8).

Tabela 8

Forma înregistrării rezultatelor ridicării topografice a sondei

Nr. punctelor	Adâncimea sondei	Distanța dintre punctele măsurării elementelor de așezare ale sondei	Elementele de așezare a sondei	
			Unghiul de direcție	Unghiul de înclinare
A	0	$l_1 = h_1$	a_0	δ_0
1	h_1	$l_2 = h_2 - h_1$	a_1	δ_1
2	h_2	$l_3 = h_3 - h_2$	a_2	δ_2
3	h_3	$l_4 = h_4 - h_3$	a_3	δ_3
K	h_4			

Aici, ca și în exemplul precedent, dacă se ține seamă numai de determinarea coordonatelor punctului K , problema se poate rezolva, pe aceeași bază, pe cale analitică sau grafică.

La rezolvarea grafică a problemei, se alege scara construcției corespunzătoare preciziei de ridicare stratimetrică a sondei, după cum este reprezentat în fig. 89, *a*. În acest caz, se construiește inițial profilul sondei pe intervale separate; fiecare interval se construiește după unghiul corespunzător de înclinare al sondei înclinate. În planul de profil se determină $Z_K - Z_A - \Delta Z_{AK}$, cum și proiecțiile orizontale ale tuturor porțiunilor sondei ($\overline{A1'}$, $\overline{1'2'}$, $\overline{2'3'}$, $\overline{3'K}$).

După aceasta, se trec pe planșă, succesiv, porțiunile de sondă sub unghiurile de direcție corespunzătoare, începând dela gura sondei A (fig. 89), prin care se fixează poziția sondei în planul orizontal. Coordonatele orizontale ale punctului de intersecție K , se obțin ușor de pe planșă.

Profilul se construiește în două feluri, și anume:

1. Unghiurile de înclinare δ măsurate, ale intervalelor separate ale sondei, se raportează la punctele, în care ele au fost determinate și sunt așezate în jos, după mărimea intervalului corespunzător al sondei, după cum este reprezentat în fig. 89, *a*.

2. Unghiurile de înclinare ale sondei, măsurate în punctele corespunzătoare, se așează, dela aceste puncte, după înclinarea sondei,

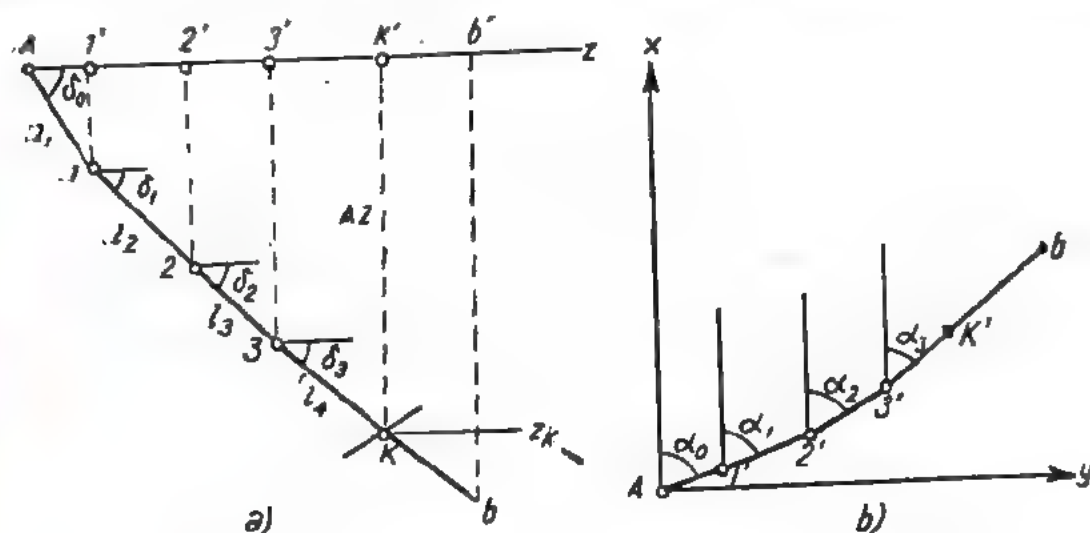


Fig. 89

la jumătatea intervalelor respective (vecine). De exemplu, unghiul δ_1 din fig. 89, *a* ar fi trebuit să fie așezat în punctul de pe axa sondei, la distanță egală cu $\frac{l_1}{2}$ dela gura sondei A și a menține această direcție până la punctul $\frac{l_1+l_2}{2}$.

Trebue să se menționeze că la metoda a doua, variația treptată a unghiului de înclinare al sondei este mai just reprezentată decât la prima metodă.

Reprezentarea unei sonde de foraj deviate, sub forma unei linii frânte (fig. 89), deși este satisfăcătoare pentru cele mai multe cazuri, prezintă totuși numai o primă aproximație.

Este mai just să se reprezinte deviația sondei între două puncte ale măsurătorii ei, sub forma unui arc de cerc, a cărui rază este cu atât mai mare, cu cât diferența unghiurilor zenitale $\theta_l - \theta_{l-1}$ este mai mică. Se înseamnă diferența cu θ_{l-1} , iar lungimea arcului

dintre două puncte de măsurare cu S ; raza R a acestui cerc se va exprima astfel:

$$R = \frac{360^\circ S}{2\pi\theta_{l,t-1}}. \quad (2.29)$$

În acest caz, toată sonda se va reprezenta sub formă de arce de cerc, construite cu raze diferite, tangente în punctele de măsurare a curburii ei.

Deoarece construcția arcelor de cerc cu rază mare calculată este practic incomodă, inginerul de mine I. S. Vasilev a propus o metodă

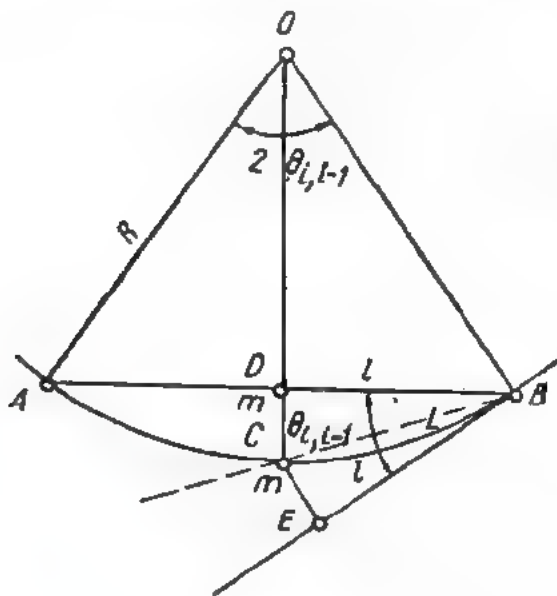


Fig. 90

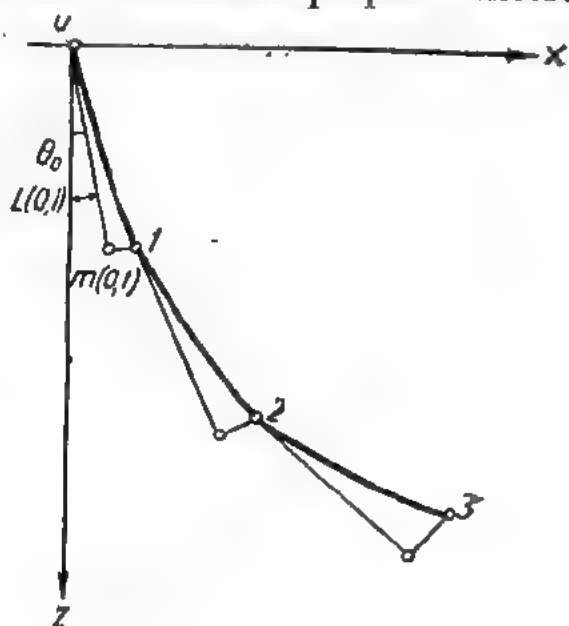


Fig. 91

simplă de construcție, bazată pe imaginarea indicată a curbării sondei. La baza acestei metode, sunt următoarele considerații geometrice.

Fie, în fig. 90, o coardă, care întinde arcu $2\theta_{l,t-1}$ de rază $R = \overline{OC}$, dusă perpendicular pe coardă în punctul D și care, în consecință, împarte unghiul în două.

Se duce tangenta la arc în punctul B . Se coboară din punctul C perpendiculara pe tangentă în punctul E . Unghiul ABC se reazemă pe arcu AC , iar unghiul CBE , pe arcu CB .

Deoarece $\widehat{AC} = \widehat{BC}$, prin construcție, unghiurile arătate sunt egale între ele. Dreapta \overline{BC} este bisectoarea unghiului ABE , egal, prin construcție, cu $\theta_{l,t-1}$. Rezultă că $\overline{BD} = \overline{BE}$ și $\overline{CD} = \overline{CE}$. Se notează \overline{BE} cu l , \overline{CE} cu m și, exprimându-le prin raza R și unghiul $\theta_{l,t-1}$, va rezulta:

$$l = R \sin \theta_{l,t-1}; \quad (2.30)$$

$$m = R(1 - \cos \theta_{l,t-1}). \quad (2.31)$$

Construirea sondei deviate în baza considerațiilor expuse mai sus, va fi arătată în exemplul de mai jos (48).

Fie elementele de așezare ale sondei determinate în punctele 0, 1, 2 și 3, care sunt situate, unul față de altul, la distanțe de 50 m (fig. 91). Diferențele unghiurilor zenitale dintre fiecare pereche de porțiuni vecine, fie 10, 15 și 25°.

După formula (2.29), razele arcelor diferitelor intervale de sondă vor fi:

$$R_{(0,1)} = \frac{57,3 \times 50}{10} = 286,5 \text{ m}$$

$$R_{(1,2)} = \frac{57,3 \times 50}{15} = 191,0 \text{ m}$$

$$R_{(2,3)} = \frac{57,3 \times 50}{25} = 114,6 \text{ m.}$$

Se calculează cu formulele (2.30) și (2.31) valorile corespunzătoare pentru l și m :

$$\begin{cases} l(0,1) = 286,5 \sin 10^\circ = 49,8 \text{ m} \\ l(1,2) = 191,0 \sin 15^\circ = 49,4 \text{ m} \\ l(2,3) = 114,6 \sin 25^\circ = 48,4 \text{ m} \\ m(0,1) = 286,5 \times 0,015 = 4,3 \text{ m} \\ m(1,2) = 191,0 \times 0,034 = 6,5 \text{ m} \\ m(2,3) = 114,6 \times 0,094 = 10,8 \text{ m} \end{cases}$$

Cu valorile obținute pentru l se construiește sonda deviată în profil, astfel:

Din punctul O (fig. 91) se duce dreapta $l(0,1)$ sub un unghi egal cu unghiul inițial zenital. La capătul acestei drepte se duce o perpendiculară cu lungimea egală cu $m(0,1)$; capătul perpendicularei va fi punctul 1 de măsurare a elementelor de deviație ale sondei. Continuând construcția în același fel, se va obține, consecutiv, în profil și poziția celorlalte puncte de măsurare. Unindu-le printr-o curbă continuă se va reprezenta în profil gaura deviată a sondei.

În construcția arătată, distanțele reale dintre punctele de măsurare se determină cu dreapta \overline{BC} (fig. 90), a cărei lungime poate fi calculată din expresia:

$$\overline{BC} = L = 2R \sin \frac{\theta_{i, i-1}}{2}, \quad (2.32)$$

Folosind această expresie, se calculează L pentru exemplul arătat

$$\begin{cases} L(0,1) = 2 \times 286,5 \sin 5^\circ = 49,94 \text{ m} \\ L(1,2) = 2 \times 191,0 \sin 7,5^\circ = 49,86 \text{ m} \\ L(2,3) = 2 \times 114,6 \sin 12,5^\circ = 49,61 \text{ m.} \end{cases}$$

Valorile calculate pentru L sunt destul de apropiate de cele măsurate, deși deviația sondei este însemnată, ceea ce arată că metoda de construcție este satisfăcătoare.

Metoda analitică de determinare a coordonatelor tălpii sondei sau a punctului de intersecție al sondei cu stratul se face prin calculul succesiv al coordonatelor după diferite intervale, prin aplicarea formulelor (2.10), (2.11), (2.12).

5. DETERMINAREA DIRECȚIEI ȘI A INCLINĂRII STRATULUI DUPĂ COORDONATELE A TREI PUNCTE

În cele ce urmează se vor considera coordonatele cunoscute ale punctului de intersecție al sondei cu stratul (acoperișul sau culcușul stratului) cunoscute, iar elementele de direcție și de înclinare (α , δ) ale stratului, constante în limitele suprafeței triunghiului, construit după datele a trei sonde.

Exemplu. Fie punctele de intersecție ale sondelor cu stratul având următoarele coordonate:

$$\begin{aligned} a (x_1 = +121; y_1 = +205; z_1 = -30) \\ b (x_2 = +169; y_2 = +223; z_2 = -44) \\ c (x_3 = +136; y_3 = +265; z_3 = -70). \end{aligned}$$

Să se determine unghiul de direcție α și unghiul de înclinare δ al stratului.

Metoda grafică. Se reportează pe plan, la o scară anumită, punctele, prin coordonatele lor, și se notează lângă ele cotele lor (fig. 92). Se obține astfel o porțiune din strat în formă de triunghi, în limitele căruia se consideră suprafața stratului plană. Se construiește întâi direcția stratului. Pentru aceasta este destul să se găsească, în limitele triunghiului abc , două puncte cu aceeași cotă. Pentru unul se va lua punctul dat b (-44), iar al doilea punct, cu aceeași cotă, se va găsi pe dreapta a (-30), c (-70). Se duce din punctul a perpendiculara aa_1 pe ac , cu lungimea egală cu diferența dintre cotele b și a ($44 - 30 = 14$), și în punctul c , perpendiculara cc_1 pe ca , cu lungimea egală cu diferența dintre cotele c și b ($70 - 44 = 26$), dusă în sens opus. Se obțin punctele a_1 și b_1 . Dreapta care le unește, a_1b_1 , se împarte în segmente proporționale cu diferențele dintre cote (14 și 26); rezultă că punctul f va avea aceeași cotă ca și punctul b și, de aceea, dreapta fb este direcția căutată a stratului (înclinarea stratului este la dreapta direcției stratului). Măsurând cu raportorul unghiul α (fb), se obține azimutul direcției egal cu 356° . Se coboară

din punctul c perpendiculara cg pe dreapta ab . Dreapta astfel obținută gc este proiecția liniei de înclinare a stratului, iar gc' este mărimea adevărată a liniei de înclinare, între curbele de nivel (-44) și (-70), dacă dreapta cc' este perpendiculară pe cg și este egală cu diferența dintre cotele c și g . Unghiul δ dintre dreapta gc' și proiecția ei orizontală gc este unghiul de înclinare δ al stratului. În exemplul de mai sus, $\delta = 33^\circ$. Aceasta rezultă din faptul că triunghiul gcc' , din fig. 92 reprezintă, desfășurat în planul desenului, secțiunea verticală a stratului după linia gc .

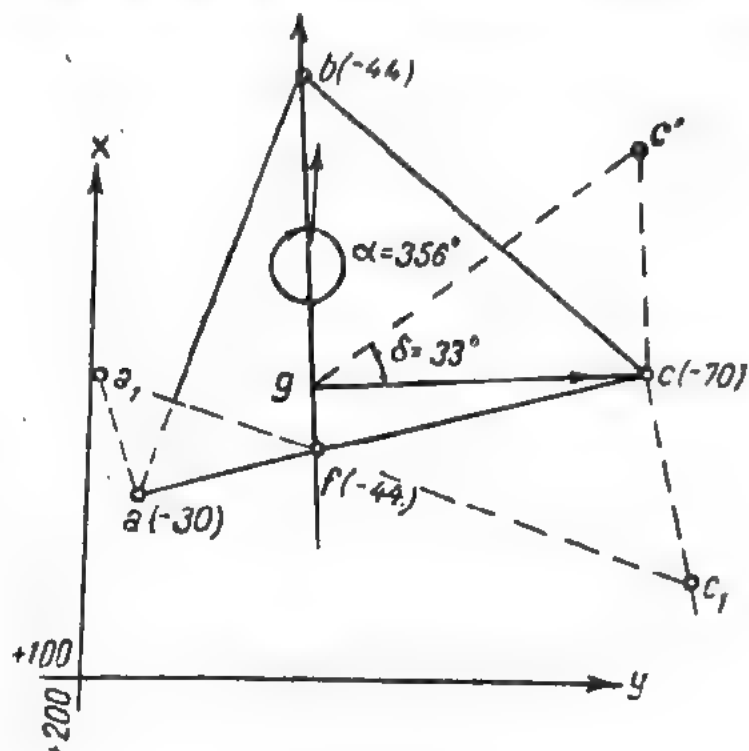


Fig. 92

Metoda analitică. S'a văzut mai sus că planul dat prin coordonatele a trei puncte, unul dintre puncte fiind situat la originea coordonatelor, este exprimat analitic prin ecuația:

$$M'x + N'y + P'z = 0. \quad (a)$$

În problema propusă trebuie să se determine azimutul direcției α și înclinarea δ . Întrucât linia de direcție este linia de intersecție a stratului cu planul orizontal, ea trebuie să satisfacă atât ecuația (a), cât și ecuația planului orizontal inițial:

$$z = 0. \quad (b)$$

Cele două ecuații (a) și (b), care exprimă direcția, se vor scrie sub forma:

$$M'x + N'y = 0. \quad (c)$$

Azimutul ei din ultima ecuație se va determina ca fiind coeficientul unghiular al dreptei, și anume:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{-M'}{N'}. \quad (2.33)$$

Atribuirea semnului minus la coeficientul lui x permite să se determine α . Semnul minus al coeficientului x pentru valorile pozi-

tive ale coeficientului lui z se obține din ecuația normală a acoperișului sau a culcușului stratului. Pentru determinarea unghiului δ se folosește formula din geometria analitică:

$$\cos \delta = \frac{P'}{\sqrt{(M')^2 + (N')^2 + (P')^2}}. \quad (2.34)$$

Semnul radicalului trebuie luat (+) pozitiv, deoarece δ este un unghi ascuțit și P' este un număr pozitiv. Pentru unghiurile mici este mai ușor să se folosească $\operatorname{tg} \delta$ în loc de $\cos \delta$. Exprimând $\operatorname{tg} \delta$ prin $\cos \delta$ și făcând transformări, se va obține următoarea expresie pentru determinarea unghiului de înclinare al zăcământului:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\sqrt{(M')^2 + (N')^2}}{P'}. \quad (2.35)$$

Semnul radicalului este deasemenea (+). Din formulele obținute pentru direcție și înclinare se va rezolva exemplul dat. Pentru exemplul numeric dat, M' și N' vor fi (punctul este considerat în originea axelor de coordonate):

$$M' = [18(-40)] - [(-14) \times 60] = 120$$

$$N' = [48 \times (-40)] - [(-14) \times 15] = 1710.$$

Înlocuindu-le în formulă, se obține α :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{-M'}{N'} = \frac{-120}{1710} = -0,070$$

sau

$$\alpha = -4^\circ = 356^\circ.$$

Pentru determinarea unghiului δ se va calcula, pentru exemplul dat, valoarea lui P' :

$$P' = (48 \times 60) - (18 \times 15) = 2610.$$

Înlocuind în formulă valorile găsite pentru M' , N' și P' , se obține δ :

$$\cos \delta = \frac{P'}{\sqrt{(M')^2 + (N')^2 + (P')^2}} = \frac{2610}{\sqrt{120^2 + 1710^2 + 2610^2}} = \frac{2610}{3112} = 0,837$$

sau

$$\delta = 33^\circ 18'.$$

6. DETERMINAREA DIRECȚIEI ȘI A INCLINĂRII ZĂCĂMÂNTULUI, PE BAZA APARIȚIEI LUI ÎN PEREȚII UNEI LUCRĂRI MINIERE VERTICALE

Lucrările miniere verticale, care intersectează stratul (puț, puț de explorare, suitoare, rostogol) pot fi, după forma secțiunii, dreptunghiulare, circulare sau eliptice. Deaceia, aparițiile stratului în

pereții lucrării miniere verticale vor avea forma patrulateră sau eliptică (în anumite cazuri, circulară). După aceste apariții, se pot face direct determinările unghiurilor α și δ , după cum a fost descris mai sus. În lucrările miniere, nu este totdeauna ușor, iar în anumite condiții, este chiar imposibil, să se poată determina linia de direcție și de înclinare a stratului. Este mai simplu să se măsoare elementele așezării a două direcții oarecare, din planul stratului deschis prin lucrarea minieră, operație care se efectuează, de obicei, cu ajutorul sforii și apoi, în birou, să se facă determinările unghiurilor α și δ . Măsurarea unghiului de direcție α și a celui de înclinare δ ale direc-

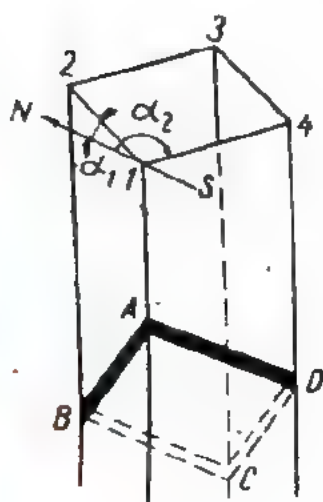


Fig. 93

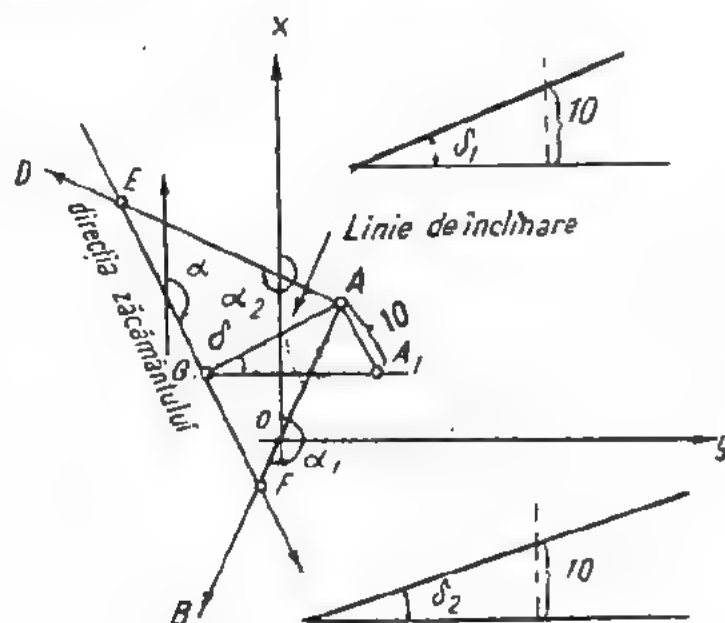


Fig. 94

fiilor arătate se face cu ajutorul busolei suspendate și cu eclimetrul. Azimutul magnetic obținut α_m al direcției stratului se transformă, după cum s'a arătat mai sus, în unghi de direcție.

Zăcământul este deschis cu o lucrare minieră verticală cu secțiunea dreptunghiulară. Fie zăcământul deschis cu un puț de exploatare cu secțiunea dreptunghiulară (fig. 93) de contur $ABCD$. Pentru determinarea unghiurilor α și δ ale zăcământului, sunt suficiente aparițiile de zăcământ în doi pereți vecini ai puțului, de exemplu în pereții 1—2 și 1—4, întrucât planul se determină cu două drepte, care se intersectează. Rezultă că, în teren, trebuie să se determine unghiul de direcție și de înclinare ale două apariții de zăcământ, de exemplu AB și AD . Azimuturile direcțiilor (sensul lor se ia înspre înclinarea aparițiilor) se pot măsura la suprafață, după pereții gurii puțului 1—2 și 1—4, întrucât aparițiile stratului se află în planele acestor pereți. În plus, dacă secțiunea puțului este perfect dreptunghiulară, este destul să se determine direcția α_1 a

unui singur perete, al puțului, de exemplu a peretelui 1—2, iar direcția α_2 , după peretele puțului 1—4, va fi egală cu $\alpha_1 + 90^\circ$. Poziția pereților puțului poate fi determinată la suprafață, prin ridicare. Rămâne de stabilit în puț, cu ajutorul busolei miniere sau al eclimetrului, δ_1 și δ_2 unghiurile de înclinare ale aparițiilor zăcământului AB și AD , după care, printr-o prelucrare corespunzătoare (analitic sau grafic) se găsesc valorile unghiului α și δ ale (stratului) zăcământului.

Metoda grafică. La determinarea grafică a unghiurilor α și δ se face următoarea construcție. Se raportează un punct A oarecare pe planșă (fig. 94). Din punctul A se duc direcțiile aparițiilor (deschiderilor) stratului AB și AD , după unghiurile măsurate α_1 și α_2 . Acestea vor fi proiecțiile în plan orizontal, ale aparițiilor (deschiderilor). După unghiurile măsurate δ_1 și δ_2 , se gradează direcțiile arătate, începând din punctul A . Pentru punctul A se ia o cotă arbitrară. Punctele E și F de aceeași cotă se unesc cu o dreaptă. Aceasta va fi direcția stratului. Unghiul de direcție al stratului este format de linia de direcție și de partea pozitivă a axei ox , citind în sensul mișcării acelor unui ceasornic. Se stabilește sensul direcției, punându-l în concordanță cu sensul înclinării liniilor AB și AD . Apoi se duce din punctul A perpendiculara AG pe direcția EF . Linia obținută AG este proiecția liniei de pantă a zăcământului. Cunoscând lungimea proiecției liniei de pantă și diferența dintre cotele punctelor A și G , se obține ușor unghiul de înclinare δ al zăcământului. Deaceea, se ia din A , perpendicular pe AG , un segment de dreaptă (AA_1 egal cu diferența dintre cotele punctelor A și G). Se duce ipotenuza între punctele A_1 și G . Unghiul AGA_1 este egal cu δ .

Fig. 94 reprezintă rezolvarea grafică a problemei, pentru următoarele date: $\alpha_1 = 205^\circ$, $\delta_1 = 21^\circ$; $\alpha_2 = \alpha_1 + 90^\circ = 295^\circ$ și $\delta_2 = 17^\circ$.

Pentru determinarea analitică a unghiurilor de înclinare și de direcție se folosesc formulele deduse mai sus, și anume:

1. unghiul de direcție $\alpha = \alpha_1 + \alpha'$; $\operatorname{tg} \alpha = \frac{-M'}{N'}$;
2. unghiul de înclinare $\cos \delta = \frac{P'}{\sqrt{(M')^2 + (N')^2 + (P')^2}}$
sau $\operatorname{tg} \delta = \frac{\sqrt{(M')^2 + (N')^2}}{P'}$,

în care: M' , N' și P' se determină din expresiile (2.6), unde

$$M' = \sin \delta_1 \cos \delta_2;$$

$$N' = \cos \delta_1 \sin \delta_2;$$

$$P' = \cos \delta_1 \cos \delta_2.$$

În cazul dat, în planul deschis al stratului, s'au putut lua două direcții oarecare (două sfori care se intersectează); se măsoară elementele așezării lor (direcția și înclinarea) cu ajutorul busolei suspendate și celimetrul și apoi se determină, grafic sau analitic, unghiul de direcție și unghiul de înclinare ale stratului.

La determinarea înclinării și a direcției stratului în deschiderea făcută la o lucrare minieră verticală, cu secțiunea circulară sau eliptică, problema se soluționează la fel. În acest caz, desvelirea zăcământului are o formă eliptică, iar în cazuri speciale, forma unui cerc (fig. 95).



Fig. 95

Pentru determinarea lui α și δ din lucrarea minieră este destul să se măsoare direcțiile α_1 și α_2 și unghiurile de înclinare δ_1 și δ_2 ale două direcții oarecare (de exemplu ale ambelor sfori) AB și AC din planul aparițiilor zăcământului, după care α și δ se determină grafic, așa cum este reprezentat în fig. 94, sau se calculează cu formulele (2.5), (2.33), (2.34) și (2.35), arătate mai sus.

7. DETERMINAREA DIRECȚIEI ȘI A ÎNCLINĂRII ZĂCĂMÂNTULUI DUPĂ APARIȚIILE ACESTUIA ÎNTR'O GALERIE TRANSVERSALA

Din considerații explicabile, transversala se plasează perpendicular pe direcția zăcământului. Dacă această condiție ar fi strict respectată, elementele așezării aparițiilor zăcământului în pereții și talpa (tavanul) galeriei ar fi fost unghiurile căutate ale înclinării și direcției zăcământului. În adevăr, în acest caz, deschiderea stratului în talpă (sau tavanul) galeriei ar da direcția stratului, iar apariția zăcământului în pereții galeriei ar da înclinarea lui. Însă, deoarece la săparea transversalei se folosesc datele din lucrările vecine din același zăcământ, unde se cunosc direcția și înclinarea zăcământului, în punctul de intersecție al lucrării miniere cu zăcământul, elementele de așezare a zăcământului pot să fie altele, și transversala va deschide zăcământul pe direcția oblică. În acest caz, deschiderea în vatră sau în tavan va da direcția stratului, însă aparițiile zăcământului în pereții galeriei vor da un unghi de înclinare mai mic, față de orizont, decât înclinarea reală a zăcământului. Însă și în cazul de față, problema găsirii unghiurilor α și δ trebuie rezolvată prin metoda sforilor care se intersectează, adică la fel ca la aparițiile stratului în lucrările miniere verticale. În adevăr, aici, transversala deschide stratul pe o suprafață oarecare, în conturul 1-2-3-4 (fig. 96, a). În planul conturului, se întind două sfori, de exemplu între punctele

A, B și C, D . Se măsoară elementele așezării lor ($\alpha_1\delta_1$ și $\alpha_2\delta_2$) cu busola suspendată și cu eclimetrul. Apoi se calculează, după metoda grafică cunoscută, valorile unghiurilor α și δ ale stratului. Construcția grafică este reprezentată în fig. 96, *b*. Mersul construcțiilor nu necesită explicații. Măsurarea azimutelor magnetice ale direcțiilor alese (a celor două sfori), trebuie urmată de determinarea, pe o direcție oarecare din sectorul de observație, a diferenței dintre azimutul geografic cunoscut din ridicarea topografică minieră și azimutul magnetic al acestei direcții; aceasta trebuie să se facă pentru trecerea de la azimutul magnetic al direcției stratului la azimutul geografic.

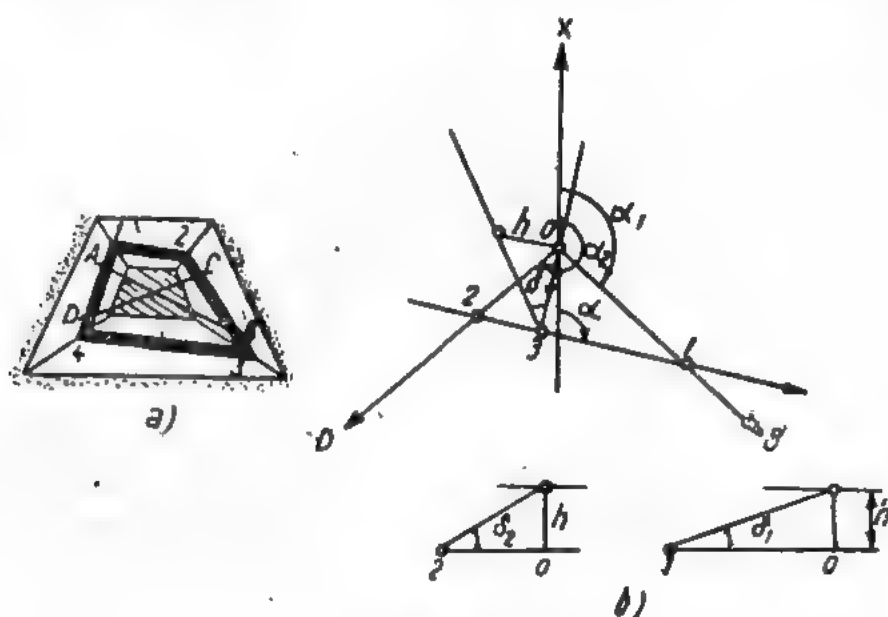


Fig. 96

În planele topografice miniere, direcția zăcământului se fixează prin poziția lucrărilor miniere orizontale, (galerii) executate în zăcământ. Cu toate că galeriile se fac cu pantă pentru scurgerea apelor și pentru transport, mărimea pantei este neînsemnată, încât pentru lungimi mai mari, direcția galeriilor va coincide, în plan, cu direcția zăcământului. Distanța în plan orizontal, între galerii, caracterizează mărimea unghiului de înclinare al zăcământului (stratului). Însă pentru precizia mai mare a reprezentării condițiilor de înclinare ale zăcământului trebuie să se înscrie, cât mai des, unghiurile de înclinare, iar pentru aceasta, trebuie să se facă sistematic măsurarea lor. Cunoașterea direcției și a înclinării zăcământului în diferite puncte este necesară pentru rezolvarea anumitor probleme geometrice care sunt legate de executarea lucrărilor miniere de explorare geologică și de construcții miniere, cum și pentru reprezentarea generală a condițiilor de zăcământ. Justețea plasării lucrărilor miniere de deschidere și de pregătire depinde de cunoașterea perfectă a elementelor de așezare ale zăcământului.

8. DETERMINAREA GROSIMII STRATULUI

Grosimea face parte dintre elementele geometrice, de bază, care caracterizează stratul sau rocele. Deaceia, în toate desvelirile naturale sau artificiale se măsoară sistematic grosimile stratelor de substanțe minerale utile și a rocilor înconjurătoare. Măsurătorile directe ale grosimii lor în punctele accesibile se fac cu o panglică de pânză, cu citirile până la un centimetru. Măsurarea grosimii stratelor din carotă se face cu o linie gradată.

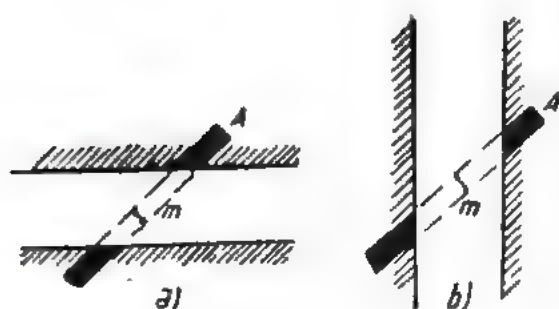


Fig. 97

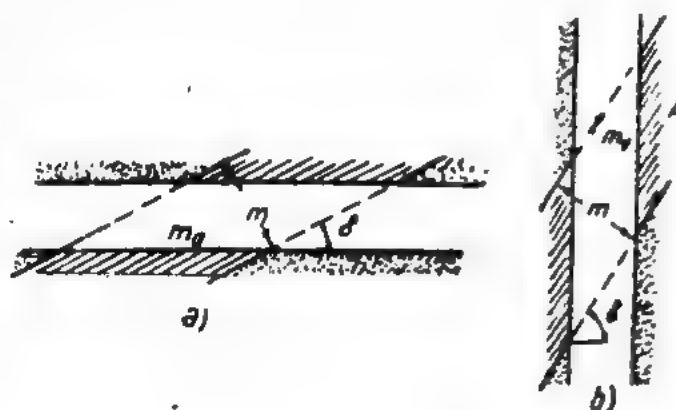


Fig. 98

Grosimea stratelor se măsoară pe normala la stratificație, sau în lungul axei lucrării miniere de străpungere. În primul caz, se numește grosimea pe normală sau numai grosimea stratului și se notează cu m .

În funcție de direcția lucrării miniere, care străpunge stratul, grosimea poate fi măsurată:

- pe verticală — m_v ;
- pe direcția orizontală, transversal față de direcția rocilor — m_0 ;
- pe direcția orizontală (oblică), m_0' ;
- pe o direcție oarecare (oblică) față de așezarea rocilor — m_k ;

În cazul grosimii mici a stratului întâlnit în lucrările miniere de străpungere (transversală, puț, puț de explorare, suitoare), se pot măsura direct grosimea normală (m), cea orizontală (m_0) și cea verticală (m_v) a stratului (fig. 97).

În lucrările miniere orizontale, când grosimea stratului este mare, se poate măsura direct numai grosimea orizontală m_0 (fig. 98, a) și în lucrările miniere (verticale) — grosimea verticală m_v (fig. 98, b).

La un contact precis și la conturarea lui simplă, de exemplu la stratele de cărbuni, grosimea acestor strate se măsoară destul de precis în lucrările miniere și mai puțin precis în sondele de foraj, cu carotajul redus. La un contact complex, neprecis sau convențional (zăcămintele de bauxită), determinarea grosimii se face mai puțin precis. La aceasta este importantă expresia relativă a erorii de

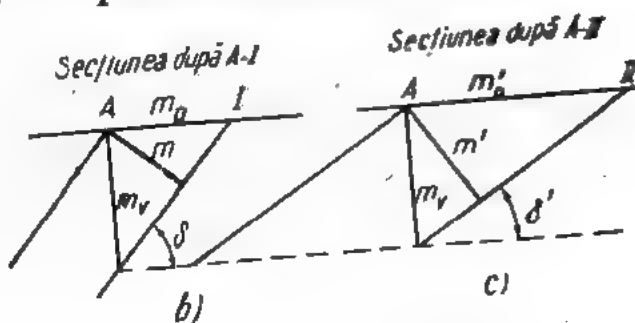
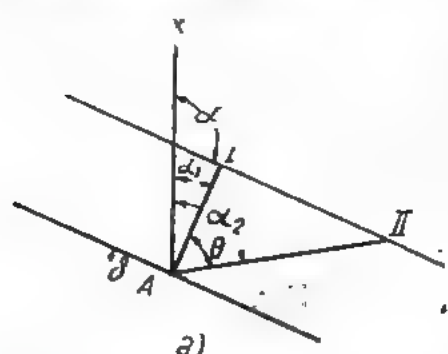
determinare a grosimii. Cu cât este mai mare grosimea stratului, cu atât este mai mică eroarea relativă comisă la măsurare, și invers. Variațiile medii se pot considera în limitele dela 1 până la 2%.

La rezolvarea multor probleme trebuie să se transforme grosimile măsurate în grosimi normale sau în grosimi după direcțiile date.

Precizia măsurării obținute și cea cerută admite aplicarea, în măsură egală, atât a metodei grafice, cât și a celei analitice de determinare a valorilor căutate.

Se va insista asupra transformării reciproce a grosimilor măsurate, pe diferite direcții. Această problemă se rezolvă la fel pentru un strat, o fâșie, o intercalație și un pachet de strate.

Secțiunea orizontală a stratului



Secțiunea după A-II

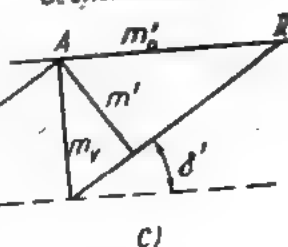


Fig. 99

În fig. 99, a este reprezentată secțiunea orizontală a unui strat, având unghiul de direcție α și unghiul de înclinare δ . Se construiesc două secțiuni verticale ale stratului, după direcțiile A-I și A-II. Secțiunea A-I este transversală pe direcția stratului, iar secțiunea A-II se găsește sub un unghi $\theta = \alpha_2 - \alpha_1$, față de sensul transversal pe direcția stratului.

Secțiunile amintite sunt reprezentate în fig. 99, b și 99, c. În planul secțiunii A-I avem: grosimea orizontală m_0 , grosimea verticală m_v , și cea normală m a stratului și a unghiului ei de înclinare (δ) față de orizont. Între grosimile arătate, după cum rezultă din fig. 99, b, există următoarea relație simplă:

$$m = m_v \cos \delta, \quad (2.36)$$

$$m = m_0 \sin \delta. \quad (2.37)$$

În planul secțiunii A-II (fig. 99, c), corespunzător, avem:

m_0' — grosimea orizontală a stratului în secțiunea dată;

m' — distanța pe normală între urmele acoperișului și culcușului stratului, în secțiune verticală;

m_v — grosimea verticală a stratului în aceeași secțiune.

Pentru determinarea grosimii, se raportează una dintre grosimile arătate din secțiunile A-I și A-II față de punctul A al acoperișului stratului.

Din fig. 99, *b* și 99, *c* rezultă că grosimea verticală m_v este aceeași în ambele secțiuni. Prin urmare m_v în punctul dat, rămâne constant, pentru orice secțiune verticală. Această particularitate ușurează rezolvarea problemei de transformare a grosimii dela o direcție la alta, deoarece permite să se treacă ușor dela o secțiune la alta, folosind mărimea m_v .

Din fig. 99, *a* rezultă, deasemenea, că $\overline{A-I} = \overline{A-II} \cos \Theta$ sau

$$m_0 = m_0' \cos \Theta = m_0' \sin (\alpha_2 - \alpha_1). \quad (2.38)$$

Să se analizeze rezolvarea problemei aplicabilă la condițiile plasării lucrărilor miniere transversale pe o direcție oarecare (oblică).

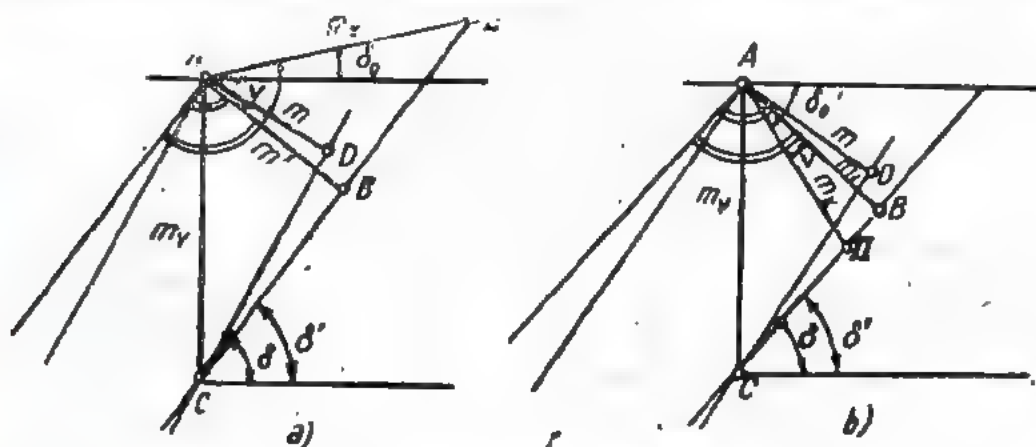


Fig. 100

Fie un șanț de explorare, plasat după o direcție oarecare α_0 , deviat dela direcția transversală cu unghiul Θ , care a desvelit stratul pe porțiunea $A-II$. Unghiul de înclinare al șanțului față de orizont este δ_0 . Se construiește secțiunea verticală dealungul șanțului (fig. 100, *a*).

Grosimea stratului măsurată în șanț este $m_k = \overline{A-II}$.

Patrulaterul format $AIIBC$ este în planul secțiunii arătate. Pentru construcția lui, trebuie să avem m_k , δ_0 și δ' . Primele două mărimi au fost măsurate direct. Unghiul de înclinare δ' al stratului, în secțiunea verticală făcută dealungul șanțului, se calculează folosind unghiul de direcție α și de înclinare δ ale stratului. Unghiul $\delta' < \delta$. Unghiul δ' se calculează grafic astfel:

a) cu unghiurile α și δ se construiesc două orizontale oarecare ale planului stratului;

b) între aceste două orizontale se duce o dreaptă după direcția α_0 (direcția axei șanțului);

c) se calculează apoi unghiul de înclinare δ' al stratului, dealungul acestei drepte, după mărimea proiecției dreptei și după diferența de cote dintre punctele dela capetele ei.

Analitic, δ' se poate obține din expresia:

$$\operatorname{tg} \delta' = \operatorname{tg} \delta \cos \Theta - \operatorname{tg} \delta \sin (\alpha - \alpha_0). \quad (2.39)$$

Secțiunea verticală dealungul șanțului se construiește astfel. Din punctul A (fig. 100, a) al acoperișului stratului, sub unghiul de înclinare δ_0 al șanțului, se duce grosimea stratului m_k , măsurată „oblic”. Apoi, din punctul H , sub unghiul de înclinare δ' față de orizont, se duce urma culcușului stratului. Din punctul A se duce o verticală până la intersecția ei cu culcușul stratului în punctul C . Grosimea pe verticală a stratului este $\overline{AC} = m_v$. Ducând prin punctul A o dreaptă paralelă la HC , se obține secțiunea stratului în secțiunea verticală dată (liniile continue subțiri).

Cunoscând unghiul de înclinare δ al stratului, se construiește ușor secțiunea lui verticală transversală față de direcție. Pentru aceasta, se duc din punctele A și C (fig. 100, a) dreptele paralele cu unghiul de înclinare față de orizont, egal cu unghiul de înclinare δ al stratului. Aceste drepte vor fi dreptele culcușului și ale acoperișului stratului în secțiunea dată, iar perpendiculara pe acestea, AD , va fi grosimea normală căutată m a stratului. Astfel, în fig. 100, a sunt două secțiuni verticale ale stratului, care trec prin punctul A . Într-una dintre secțiuni (reprezentată prin linii continue subțiri) se găsește grosimea măsurată m_k a stratului, iar în cealaltă secțiune (reprezentată prin linii continue îngroșate) se găsește grosimea normală căutată m a stratului. Ambele secțiuni se leagă printr-o linie comună, grosimea verticală m_v . Rezultă că problema trecerii dela o grosime m_k a stratului la alta m , se rezolvă construind două secțiuni verticale, care trec prin punctul A al acoperișului stratului, dintre care o secțiune trece în lungul lucrării miniere, iar cealaltă, transversal pe direcția rocilor.

Din prima secțiune se obține grosimea verticală m_v a stratului. Din a doua, se determină grosimea normală m a stratului, folosind grosimea verticală m_v obținută și unghiul de înclinare δ .

Pentru obținerea rezultatului cu precizia cerută, construcția se face la scara care se determină prin expresia (2.1').

Trecerea dela m_k la m se poate efectua și prin calcul. Pentru aceasta se exprimă întâi relația dintre m_k și m . Din fig. 100, a rezultă că, pentru determinarea grosimii m din triunghiul dreptunghic ADC , este necesar să se cunoască m_v . Ultima se obține ușor din triunghiul dreptunghic ABC , unde $\overline{AB} = m'$ și care, la rândul său, se obține din triunghiul dreptunghic AHB .

Astfel:

$$\text{din } \triangle AHB \text{ se obține} \quad m' = m_k \cos v, \quad (a)$$

$$\text{unde} \quad v = \delta_0 + (90^\circ - \delta'); \quad (2.40)$$

$$\text{din } \triangle ABC \text{ se obține} \quad m_v = \frac{m'}{\cos \delta'} = m' \sec \delta'; \quad (b)$$

$$\text{din } \triangle ADC \text{ se obține} \quad m = m_v \cos \delta. \quad (c)$$

Folosind formulele (a), (b), (c) și exprimând pe m prin m_k , se va obține definitiv:

$$m = m_k \cos \nu \sec \delta' \cos \delta. \quad (2.41)$$

În loc de șanț, poate fi luată o sondă înclinată, plasată în jos.

Se ia o sondă înclinată, plasată în jos (fig. 100, b) și care străpunge oblic grosimea rocilor, față de direcția lor. Rezolvarea analitică și grafică a problemei este analoagă cu cea studiată mai sus, și anume: din $\triangle AIB$ se determină m' ; din $\triangle ABC$ se obține m_ν , și din $\triangle ADC$ vom avea $\overline{AD} = m$. Expresia (2.41) va fi valabilă și în acest caz. Numai unghiul ν , după cum rezultă din fig. 100, b va fi:

$$\nu = \delta_0 - (90^\circ - \delta') \quad (2.42)$$

Din cele expuse rezultă că, în cazul când lucrarea minieră de străpungere are înclinarea conformă cu înclinarea stratului, unghiul ν trebuie să se obțină din expresia (2.40). Dacă înclinările nu sunt conforme, urmează să se folosească formula (2.42).

Generalizând rezolvarea problemei de trecere de la grosimea măsurată m_m , în lungul lucrării miniere de străpungere, la grosimea normală m se poate exprima formula transformării astfel:

$$m = m_m \cdot \cos \varphi, \quad (2.43)$$

în care m_m , în exemplele concrete, se va exprima prin mărimile m_ν , m_0 , m_0' și m_k , iar $\cos \varphi$, corespunzător prin $\cos \delta$, $\sin \delta$ ($\sin \delta \cos \theta$) și $(\cos \nu \sec \delta' \cos \delta)$. Unghiul φ , numit și unghi de transformare reprezintă, în adevăr, unghiul format de axa lucrării miniere de străpungere și normala la planul stratificației.

Expresia (2.43) poate fi folosită la construirea secțiunii normale a rocilor, după grosimea măsurată a acestor roci, în lungul lucrării miniere de străpungere.

Construcția arătată se rezumă la următoarele. Calculând din condițiile problemei unghiul φ , se construiește sub acest unghi o dreaptă, ab , oblică față de verticala ac (fig. 101). În lungul acesteia, se așează succesiv grosimile rocilor măsurate în lucrarea minieră de străpungere m_m : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Astfel, se obține coloana secțiunilor rocilor după lucrarea minieră de străpungere. Proiectând segmentele (gro-

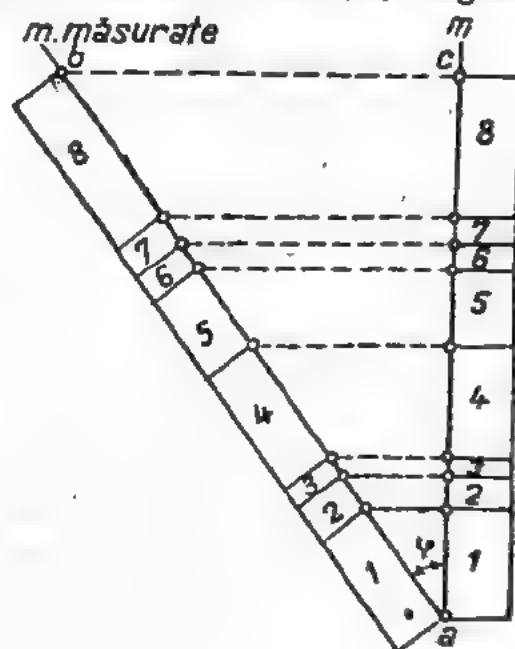


Fig. 101

similor măsurate) de pe \overline{ab} pe \overline{ac} , se vor obține grosimile normale ale rocilor arătate, sau secțiunea normală a lor.

Practic, se naște des problema (de exemplu la proiectarea lucrărilor miniere) trecerii dela grosimea normală, la grosimea după o direcție dată. Rezolvarea ei, ca o problemă inversă, nu prezintă greutăți, deoarece problema directă a fost analizată destul de amănunțit.

În cele expuse mai înainte s'a ținut seamă de grosimea totală a stratului, ca fiind distanța dintre culcuș și acoperiș, într-o direcție sau alta, fără a lua în considerație structura stratului. La calculul rezervelor substanței minerale utile, calculul producției și rezolvarea unei serii de alte probleme miniere tehnice trebuie să se ia în considerație și structura stratului.

Deaceea, afară de nomenclatura grosimilor de mai sus, există și o subdiviziune tehnologică a lor:

1. grosimea totală sau geologică,
2. grosimea utilă,
3. grosimea exploatabilă,
4. grosimea utilă extrasă sau calculabilă.

Cum s'a menționat mai sus, grosimea totală sau geologică a zăcământului se exprimă prin distanța pe normală între culcuș și acoperiș.

Grosimea utilă a zăcământului este egală cu grosimea totală, minus grosimea intercalațiilor sterile incluse.

Grosimea exploatabilă reprezintă suma grosimilor extrase ale straturilor de substanțe minerale utile și ale intercalațiilor sterile, pentru condițiile date de exploatare și pentru schema tehnologică de preparare a substanței minerale utile.

Grosimea utilă extrasă sau grosimea de calcul este egală cu grosimea exploatabilă, fără intercalații sterile.

9. ADÂNCIMEA AȘEZĂRII ZĂCĂMÂNTULUI

Adâncimea așezării zăcământului este factorul geometric care se întâlnește, în permanență, la rezolvarea problemelor de bază ale mineritului și reprezintă distanța pe verticală dela zi până la zăcământ. Executarea lucrărilor miniere verticale până la zăcământ cere o imagine clară a adâncimii zăcământului în orice punct. Alegerea metodei de exploatare și determinarea conturului lucrărilor la zi necesită cunoștințe asupra raportului dintre grosimea rocilor acoperitoare și grosimea zăcământului, iar grosimea rocilor acoperitoare reprezintă adâncimea la care se găsește zăcământul.

În problemele de explorare și de topografie minieră, intră culegerea datelor, care caracterizează adâncimea la care se găsește stratul, în orice punct al extinderii sale. O reprezentare completă

a adâncimilor dă planul isoadâncimilor sau suprapunerea planului topografic al suprafeței terenului cu planul hipsometric al acoperișului (ceea ce va fi expus mai pe larg în partea III). În primul caz, adâncimea la care se află zăcămintul în orice punct se citește direct pe plan după isoadâncimi. În al doilea caz, adâncimea la care se află zăcămintul într'un punct oarecare este egală cu diferența cotelor față de suprafețele topografice arătate.

În numeroase probleme întâlnite în practică, se pune problema determinării liniei de intersecție a stratului cu suprafața, adică linia de afloriment (sau subaluviune). În multe cazuri, această problemă trebuie rezolvată cu un număr limitat de date, care caracterizează direcția și înclinarea stratului. Adeseori, la prima aproximație trebuie să ne limităm la o imagineare a stratului sub forma unui plan și să rezolvăm problema prin construirea liniei de intersecție a acestui plan cu suprafața terenului (sau cu contactul rocilor de bază cu cele de aluviune).

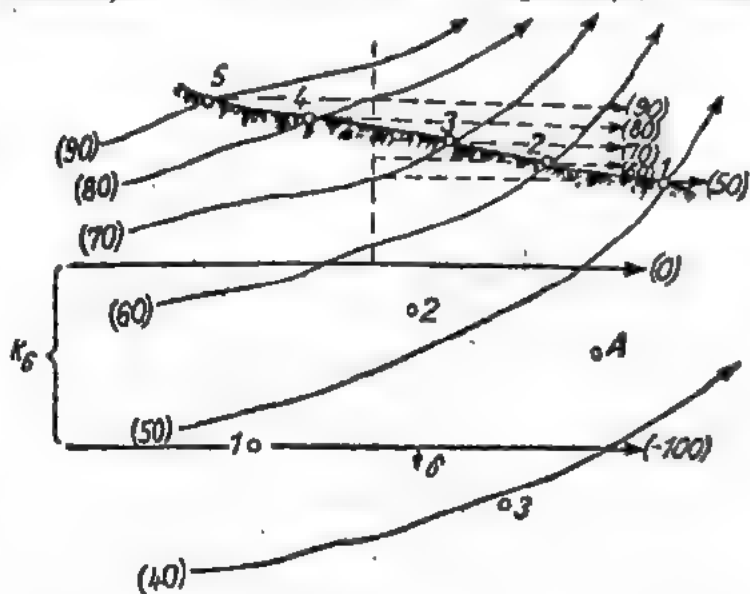


Fig. 102

Rezultă că problema se reduce la găsirea punctelor de intersecție ale stratului cu suprafața terenului (sau suprafața rocilor de bază cu aluviunea), adică a punctelor unde adâncimea la care se află zăcămintul este egală cu zero, sau egală cu grosimea aluviunilor.

Fie în fig. 102 reprezentată suprafața unei porțiuni de teren, cu curbele sale de nivel, în limita căreia, după datele de sondaje 1, 2 și 3 sunt construite isohipsele (curbele de nivel) acoperișului stratului de cotă 0 și — 100. Presupunând că suprafața stratului este plană, se construiesc curbele de nivel ale stratului, egale cu curbele de nivel ale suprafeței terestre. Acestea vor fi curbele de nivel de cotă 60, 70, 80 și 90, reprezentate punctat în fig. 102. Punctele lor de intersecție cu curbele de nivel corespunzătoare dela suprafața terenului vor fi 1, 2, 3, 4, 5 cele căutate, care se găsesc pe aflorimentul stratului la suprafață. Linia de intersecție a stratului cu suprafața terenului (sau subaluviune) constituie limita naturală a câmpului minier, iar la explorări, este limita, după care nu mai are sens să se execute lucrări de explorare. Linia de afloriment a stratului se poate construi în desen cu ajutorul metodei secțiunilor

verticale. În acest caz, se construiesc întâi o serie de secțiuni verticale, transversal pe direcția stratului. În aceste secțiuni, din datele planului topografic al porțiunii de teren în cauză și din datele obținute din lucrările miniere de explorare și de exploatare se indică profilul suprafeței terestre și a stratului și se obțin punctele lor de intersecție. Punctele arătate se trec pe plan și se construiesc după ele proiecția liniei de afloriment.

După cele reprezentate în fig. 102, este ușor să se determine adâncimea la care se află stratul în orice punct, de exemplu în punctul A . În punctul dat, cota suprafeței terestre este 45, iar cota stratului, 50; rezultă că adâncimea stratului în punctul A este de 95 m. Astfel, o primă reprezentare de așezare în loc a stratului, bazată pe datele a trei sonde, permite să se calculeze adâncimea (lungimea) lucrărilor miniere verticale, proiectate pentru explorare sau exploatare.

Disponând de un plan analog se pot proiecta și calcula adâncimile (lungimile) înclinate ale lucrărilor miniere trasate, în vederea explorării sau a deschiderii stratului. Fiecare lucrare minieră ulterioară, de explorare sau de exploatare, executată spre zăcământ sau în zăcământ, precizează așezarea stratului, inclusiv adâncimile la care se găsește stratul. Construirea liniei de afloriment sub aluviuni (pe suprafața rocilor de bază) se face în mod identic, dacă este cunoscută poziția suprafeței inferioare a depunerilor aluvionare. Mai simplu, se construiesc linia de ieșire a stratului în orizontul proiectat. În acest caz, problema se reduce la construirea punctelor suprafeței stratului, care au aceeași cotă cu cota orizontului proiectat.

§ 4. TRASAREA LUCRĂRILOR MINIERE PANA LA ZACAMANT ȘI ÎN ZACAMANT (LUCRARI MINIERE DE DESCHIDERE ȘI PREGATIRE)

1. TRASAREA LUCRĂRILOR MINIERE VERTICALE PANA LA ZACAMANT

În punctul $A (x_1 y_1 z_1)$ sunt cunoscute unghiul de direcție α și unghiul de înclinare δ . Din punctul $B (x_2 y_2 z_2)$, dela suprafață până la zăcământ, trebuie să se sapsă o lucrare verticală. Se cere să se determine adâncimea ei, dela gură până la acoperișul (sau culcușul) zăcământului.

Metoda grafică. Fie zăcământul reprezentat în plan (fig 103) prin două isobipse (z_1) și $(z_1 - 50)$. Poate fi luată și altă secțiune a cotelor, ea depinde de unghiul de înclinare al zăcământului. Pentru a obține lungimea lucrării miniere verticale H , se va executa prin lucrare, transversal față de direcția zăcământului, o secțiune verticală, după direcția $B - B_1$. Această secțiune este reprezentată în fig. 104, unde dreapta \overline{BK} este mărimea căutată H . Cunoscând scara

desenului, este ușor să se obțină valoarea numerică a lui H , exprimată în unități de lungime.

Metoda analitică. Adâncimea II a lucrării miniere, cum rezultă din fig. 104, este:

$$H = (z_2 - z_1) + h. \quad (2.44)$$

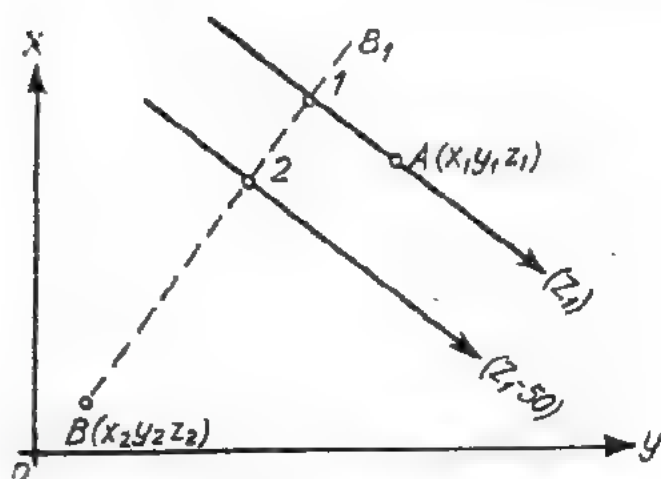


Fig. 103

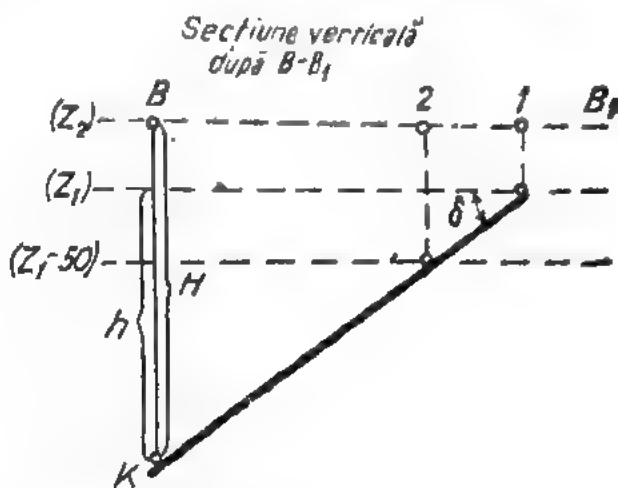


Fig. 104

Primul termen din membrul doi este cunoscut din datele problemei. Al doilea membru h se determină din ecuația normală a zăcămintului:

$$Mx' + Ny' + z = 0, \quad (2.45)$$

Aici, $z = \hat{h}$. Rezultă:

$$h = -(Mx' + Ny'), \quad (2.46)$$

unde

$$M = -\sin \alpha \operatorname{tg} \delta,$$

$$N = \frac{1}{\cos \alpha} \cos \delta,$$

$$x' = x_2 - x_1,$$

$$y' = y_2 - y_1.$$

2. TRASAREA UNEI LUCRARI MINIERE ORIZONTALE PANA LA ZACAMANT

Sunt două cazuri posibile de trasare a lucrării miniere: 1. perpendicular pe direcția zăcămintului și 2. după o direcție oblică. Se va analiza întâi primul caz.

Zăcămintul este dat atât prin coordonatele punctului $A (x_1 y_1 z_1)$, cât și prin direcția și înclinarea stratului α și δ în acest punct. Se cere ca din punctul $B (x_2 y_2 z_2)$ să se traseze, perpendicular pe direcția zăcămintului, o lucrare minieră orizontală, BC (fig. 105), și să se determine lungimea ei, \overline{BC} .

Problema se rezumă la calculul coordonatelor punctului C . Unghiul de direcție α_0 al lucrării miniere se determină ușor din condiția că, lucrarea minieră este perpendiculară pe direcția zăcământului, ceea ce înseamnă că va diferi de α , cu 90° .

Metoda analitică. Pentru a simplifica ecuația acoperișului stratului, se ia întâi originea coordonatelor în punctul A ; în acest

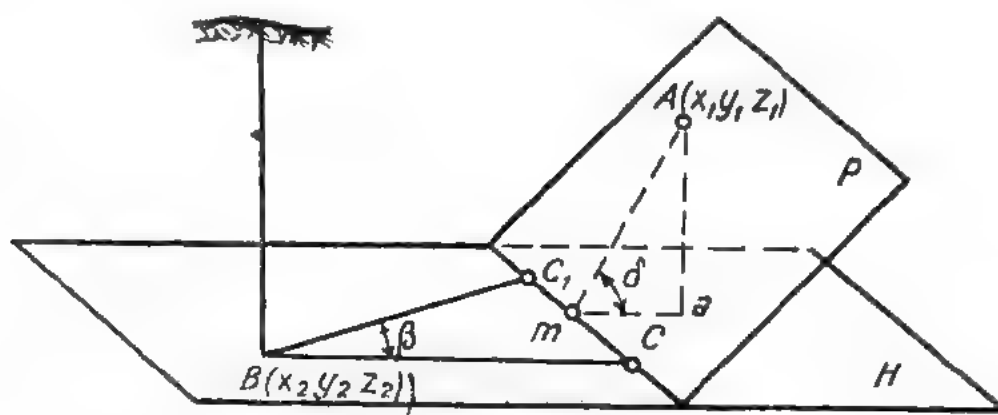


Fig. 105

caz, coordonatele punctului B vor fi: $x_0 = x_2 - x_1$; $y_0 = y_2 - y_1$; $z_0 = z_2 - z_1$, iar coordonatele punctului necunoscut C vor fi $x'y'z_0$. Determinând coordonatele punctului C , lungimea lucrării miniere se determină din ecuația cunoscută a dreptei care trece prin două puncte date:

$$BC = \frac{\sqrt{(x_0 - x')^2 + (y_0 - y')^2 + (z_0 - z_0')^2}}{\sqrt{(x_0 - x')^2 + (y_0 - y')^2}} \quad (2.47)$$

Astfel, problema se reduce la calculul coordonatelor x' și y' . Se ia ecuația normală a acoperișului stratului, cu condiția ca originea coordonatelor să fie în punctul A

$$Mx + Ny + z = 0,$$

unde

$$M = -\sin \alpha \operatorname{tg} \delta,$$

$$N = \cos \alpha \operatorname{tg} \delta.$$

Punctul $C (x'y'z_0)$ se găsește pe zăcământ; rezultă că

$$Mx' + Ny' + z_0 = 0. \quad (a)$$

Lucrarea minieră este trasată perpendicular pe strat. În această condiție se scrie ecuația dreptei (axeii lucrării miniere).

Coeficientul unghiular m_1 al dreptei este:

$$m_1 = \operatorname{tg} \alpha.$$

Dacă lucrarea minieră orizontală, din cauza condițiilor exterioare, sau din alte considerente, nu se poate executa pe direcția \overline{BC} (calea cea mai scurtă până la zăcământ) și trebuie să se devieze de la această direcție \overline{BC} cu un unghi β , mersul problemei diferă puțin de cel precedent. Diferența va consta în faptul, că trebuie să se dea lucrării miniere o direcție egală cu $\alpha_0 \pm \beta$. Punctul C_1 de intersecție al direcției date cu orizontala zăcământului ($z_2 = z_0$) este punctul de întâlnire a lucrării miniere trasate cu zăcământul. Lungimea $\overline{BC_1}$ este lungimea căutată a lucrării miniere.

Dacă este cunoscută lungimea lucrării miniere orizontale până la zăcământ, perpendicular pe direcție, lungimea lucrării miniere orizontale până la zăcământ, trasată pe direcție oblică (sub unghiul β față de direcția transversală pe direcția zăcământului) va fi:

$$\overline{BC_1} = \frac{BC}{\cos \beta}. \quad (2.49)$$

3. TRASAREA UNEI LUCRĂRI MINIERE INCLINATE PÂNĂ LA ZĂCĂMÂNT

Lucrărilor miniere orizontale li se dă o anumită pantă, pentru scurgerea apelor și pentru transport. Inclinarea dată în acest scop este atât de mică, încât practic, la rezolvarea problemelor geometrice, aceasta nu se ia în considerație și deci, ele pot fi considerate orizontale. Din această cauză, lucrările miniere înclinate se vor întâlni în cazul special de trasare a sondelor înclinate, executate până la zăcământ. Se urmărește să se dea sondelor o direcție perpendiculară pe direcția zăcământului, însă, uneori, din cauza condițiilor de lucru, trebuie să se devieze de la această direcție.

Se va analiza cazul general al trasării sondelor, când trasarea se face după o direcție oblică față de direcția zăcământului, iar trasarea perpendicular pe direcție va fi clară și fără o analizare specială.

Fie zăcământul dat prin punctul $A (x_1 y_1 z_1)$, direcția α și înclinarea δ . Din punctul $B (x_2 y_2 z_2)$, se cere să se traseze o sondă înclinată până la zăcământ, cu unghiul de direcție α_0 și unghiul de înclinare față de orizont δ_0 (fig. 107). Trebuie să se cunoască, în prealabil, care va fi lungimea sondei și unde va întâlni zăcământul. Problema va fi rezolvată, dacă se vor găsi coordonatele punctului C de intersecție al sondei cu zăcământul.

Se rezolvă întâi problema pe calea analitică. Pentru rezolvarea problemei se ia originea coordonatelor în A . În acest caz, coordonatele punctului B vor fi $x_0 = x_2 - x_1$, $y_0 = y_2 - y_1$, $z_0 = z_2 - z_1$. Coordonatele punctului necunoscut se vor nota, după același sistem,

4. TRASAREA LUCRĂRII MINIERE ÎN ZĂCĂMÂNT

Cunoscând direcția și înclinarea stratului (α, δ) , se pot rezolva probleme geometrice pentru trasarea lucrărilor miniere în strat. Acestea pot fi: 1. pe direcția stratului și 2. pe înclinarea stratului.

Intr-o serie de cazuri, de exemplu în cazul necesității micșorării pantei unei lucrări miniere, trebuie să se facă o trasare diagonală față de direcția stratului. În acest caz, problema poate fi rezolvată în două feluri: 1. se poate determina panta lucrării miniere, dată prin unghiul de direcție al ei; 2. se poate determina direcția lucrării miniere, dată prin înclinarea ei.

Rezolvarea grafică a problemei analoage a fost tratată mai sus; din această cauză se analizează aici numai metodele de rezolvare analitică.

Să se determine panta lucrării miniere, dată în zăcământ, sub un unghi de direcție α_0 . Direcția și înclinarea zăcământului sunt cunoscute α și δ . Punctul din care se trasează lucrarea minieră se ia ca origine a coordonatelor. Pentru rezolvarea problemei se folosește ecuația normală a acoperișului stratului:

$$Mx + Ny + z = 0. \quad (a)$$

și ecuația lucrării miniere (drepte):

$$\frac{x}{\cos \delta_0 \cos \alpha_0} = \frac{y}{\cos \delta_0 \sin \alpha_0} = \frac{z}{-\sin \delta_0}. \quad (b)$$

Lucrarea minieră, trecând prin zăcământ, va satisface, în același timp, ecuațiile (a) și (b).

Această condiție va fi exprimată prin ecuația:

$$M \cos \delta_0 \cos \alpha_0 + N \cos \delta_0 \sin \alpha_0 - \sin \delta_0 = 0 \quad (c)$$

Înlocuind M și N prin valorile lor, se obține:

$$-\sin \alpha \operatorname{tg} \delta \cos \delta_0 \cos \alpha_0 + \cos \alpha \operatorname{tg} \delta \cos \delta_0 \sin \alpha_0 - \sin \delta_0 \quad (d)$$

Se împarte ecuația (d) prin $\cos \delta_0$; rezultă:

$$\operatorname{tg} \delta_0 - \operatorname{tg} \delta (\sin \alpha \cos \alpha_0 - \cos \alpha \sin \alpha_0)$$

și, în sfârșit, unghiul căutat al pantei lucrării miniere se va exprima prin relația simplă între valorile cunoscute:

$$\operatorname{tg} \delta_0 - \operatorname{tg} \delta \sin (\alpha_0 - \alpha); \quad (2.52)$$

δ_0 nu poate fi mai mare decât δ , altfel, lucrarea minieră ar ieși din zăcământ.

Problema inversă se va pune sub forma următoare: să se determine direcția α_0 a lucrării miniere, trasată în zăcământ, cu unghiul de pantă față de orizont δ_0 . Direcția α și înclinarea δ ale zăcământului sunt cunoscute.

Direcția căutată α_0 a lucrării miniere se va obține ușor din expresia (2.52), și anume:

$$\sin(\alpha_0 - \alpha) = \frac{\operatorname{tg} \delta_0}{\operatorname{tg} \delta}. \quad (2.53)$$

Exemplu. Într'un strat care are direcția $\alpha = 56^\circ$ și înclinarea $\delta = 35^\circ$, să se traseze o lucrare minieră, cu o înclinare $\delta = 18^\circ$. Să se determine α_0 al lucrării miniere:

$$\sin(\alpha_0 - 56^\circ) = \frac{\operatorname{tg} 18^\circ}{\operatorname{tg} 35^\circ} = \frac{0,325}{0,700} = 0,464$$

de unde

$$(\alpha_0 - 56^\circ) = 27^\circ 38'$$

sau

$$\alpha_0 = 83^\circ 38'.$$

5. DETERMINAREA LUNGIMII, DIRECȚIEI ȘI UNGHIIULUI DE ÎNCLINARE ALE UNEI LUCRĂRI MINIERE, TRASATE ÎNTRE DOUA PUNCTE DATE

Adeseori, trebuie să se traseze o lucrare minieră de legătură între două puncte cunoscute sau o sondă de explorare între două puncte, de exemplu pentru determinarea caracteristicii grosimii rocilor, pe o porțiune oarecare. Din această cauză, se cere cunoașterea unghiului de direcție α_0 și a unghiului de înclinare δ_0 , cum și lungimea lucrării miniere.

Fie $A (x_1 y_1 z_1)$ și $B (x_2 y_2 z_2)$, punctele între care trebuie să se traseze lucrarea minieră.

Lungimea lucrării miniere trasate între punctele date va fi:

$$\overline{AB} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}. \quad (2.54)$$

Direcția se determină la fel, destul de ușor, și anume:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{\Delta y}{\Delta x}, \quad (2.55)$$

în care Δx , Δy , Δz , sunt coordonatele relative între punctele A și B .

Se va calcula numai unghiul de înclinare față de orizont, al lucrării miniere.

Dacă se ia raportul dintre diferența cotelor capetelor drepte și mărimea adevărată a ei, se obține sinusul unghiului de înclinare al acestei drepte față de orizont, ceea ce se exprimă analitic prin formula următoare:

$$\sin \delta_0 = \frac{\Delta z}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}}. \quad (2.56)$$

Rezolvarea grafică a problemei nu necesită explicație.

§ 5. CONSTRUCȚIA SECȚIUNILOR ORIZONTALE ȘI VERTICALE

Pentru a ne da seamă de direcția și de înclinarea filoanelor și a stratelor, cum și de poziția lucrărilor miniere în legătură cu ele, acestea se reprezintă sub forma de planuri și de secțiuni. Partea zăcământului, unde sunt trasate lucrările miniere, se va reprezenta în desen sub formă de proiecție orizontală (uneori verticală) a lucrărilor miniere executate în zăcământ. Lucrările miniere orizontale, făcute pe direcția zăcământului, vor determina isohipsele corespunzătoare (cotele suprafeței) zăcământului. Acolo unde nu există destule lucrări miniere, partea regulată a zăcământului se va reprezenta în plan printr'un sistem de isohipse. Acestea se trasează ca direcții ale zăcământului, la orizonturile proiectate de lucrările miniere.

Un singur plan orizontal nu poate da imaginea completă a zăcământului și a lucrărilor miniere din el. Deaceia, el este, de obicei, însoțit de un sistem de secțiuni, care reprezintă secțiuni plane ale zăcământului. Se construiesc secțiuni orizontale și verticale. Secțiunile verticale se fac, de obicei, perpendicular pe direcția stratului, mai rar în sensul direcției, sau după o direcție oblică. Secțiunile orizontale reprezintă secțiuni plane prin zăcământ, sau ale unui complex de zăcăminte, la orizonturile principale ale exploatărilor miniere. Secțiunile verticale, perpendiculare pe direcție, caracterizează, în planul secțiunii, unghiul de înclinare, cum și grosimea (orizontală normală și verticală) zăcământului și a rocilor înconjurătoare.

Secțiunile verticale, după direcția oblică, caracterizează unghiul de înclinare, cum și grosimea orizontală sau verticală a zăcământului și a rocilor înconjurătoare, după această direcție oblică. Aceste secțiuni se construiesc pentru a caracteriza condițiile în care se vor executa lucrările miniere, după o direcție dată. Secțiunile verticale, făcute pe direcție, caracterizează grosimea verticală a stratului, pe această direcție și succesiunea rocilor. Zăcământul și rocile înconjurătoare se reprezintă în aceste secțiuni, prin fâșii orizontale. Secțiunile orizontale caracterizează, la orizontul dat, direcția și grosimile orizontale ale zăcământului și ale rocilor înconjurătoare.

Secțiunile se referă la plane, care trec prin lucrările miniere de explorare sau de exploatare, deoarece orice secțiune este justă, numai atunci când este construită în baza datelor obținute din desvelirile zăcământului și ale rocilor înconjurătoare.

În fig. 109 este reprezentat în plan un zăcământ regulat (stratul K_1). Aici sunt arătate lucrările miniere principale de deschidere și lucrările miniere de pregătire.

Galeriile direcționale de bază fixează isohipsele corespunzătoare ale zăcământului.

Pentru o imagine completă a înclinării și a direcției zăcământului se construiește un sistem de secțiuni. Secțiunea verticală perpendiculară pe direcția stratului este reprezentată în fig. 110.

Secțiunea s'a făcut prin transversalele orizonturilor 85 m și 170 m, duse perpendicular pe direcția rocilor, din puțul nr. 10 (direcția AA_1).

La construirea secțiunii s'au folosit datele de documentație (schite) asupra rocilor transversale și din puț. În lungul axei transversalei și al axei puțului sunt așezate grosimile orizontale ale rocilor întâl-

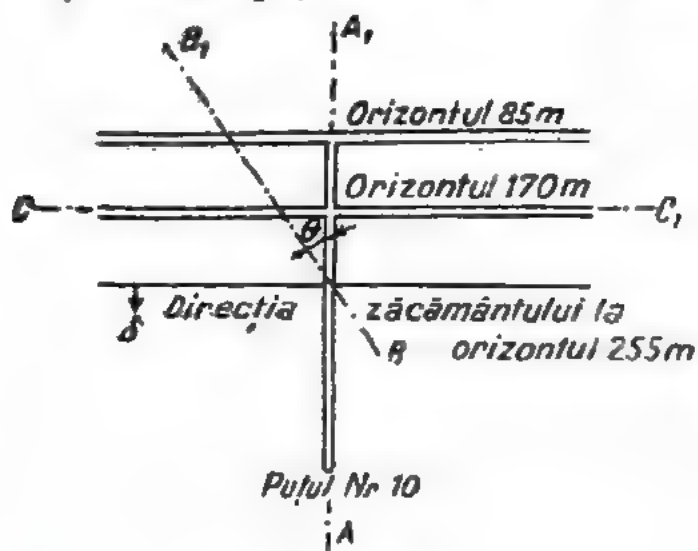


Fig. 109

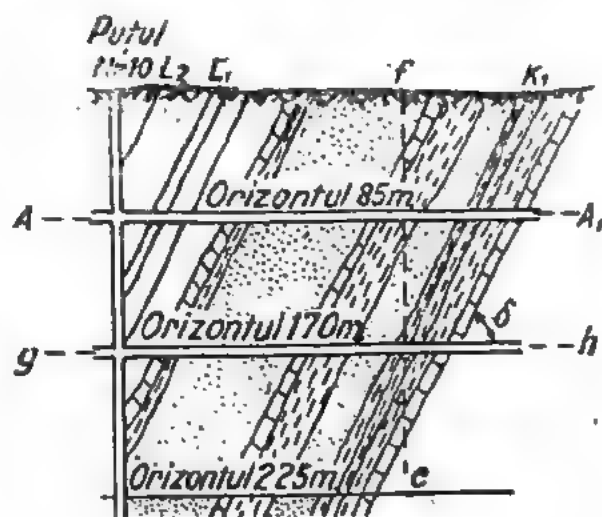


Fig. 110

nite și ale stratelor, după care s'au unit punctele corespunzătoare (aparținând unora și aceluiași fașii) prin drepte. Astfel, s'a obținut secțiunea verticală perpendiculară pe direcția dintre două galerii transversale. Unghiul de înclinare al rocilor se obține din construcția secțiunii. Dacă sunt aflorimente la suprafață, se unesc punctele corespunzătoare dela suprafață cu punctele din transversală și din puț la orizontul 85 m, care sunt în planul secțiunii, și se obține continuarea secțiunii până la suprafața terenului. În cazul când lipsește desvelirea rocilor la suprafața terenului se extrapolează secțiunea, construită cu datele obținute din transversale și puț. La fel se construiește secțiunea în adâncime.

Dacă ar fi o singură galerie transversală, datele (unghiul de înclinare și grosimea orizontală) ar folosi la construcția ei, ca și în cazul a două transversale.

Secțiunea verticală după o direcție oblică, de exemplu după BB_1 (fig. 109), se va deosebi de secțiunea precedentă, prin faptul că grosimea orizontală a rocilor în această secțiune va fi mai mare decât în secțiunea corespunzătoare, după direcția AA_1 (v. fig. 110), și unghiul de înclinare al rocilor δ' va fi, corespunzător, mai mic decât unghiul δ . Dacă există lucrări miniere pe această direcție, secțiunea BB_1 se construiește după datele acestor lucrări miniere.

În caz contrar, se folosesc datele obținute din transversale sau datele secțiunii AA_1 . În acest scop, se transportă datele din transversale la scară mărită (grosimile orizontale ale rocilor) pe secțiunea BB_1 ,

$$m'_0 = \frac{m_0}{\cos \theta} \quad (2.57)$$

sau se proiectează de pe direcția AA_1 pe direcția BB_1 , paralel cu direcția rocilor, după care se construiește secțiunea BB_1 , la fel ca secțiunea AA_1 .

Mărimea unghiului δ' se determină din relația 2.39.

În fig. 111 este reprezentată secțiunea verticală direcțional pe strat, după linia CC_1 (v. fig. 109). Această secțiune caracterizează suc-

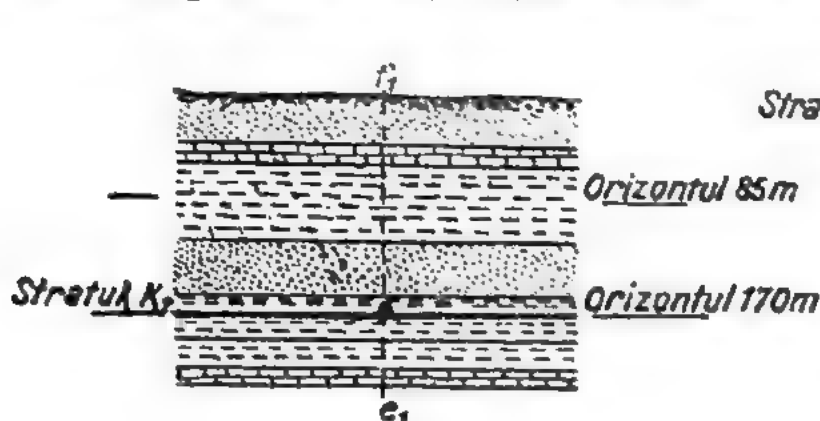


Fig. 111

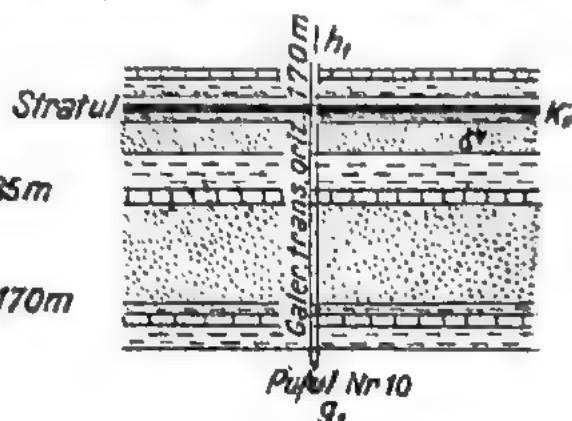


Fig. 112

cesiunea rocilor în plan vertical și grosimea verticală în această secțiune. Pentru construirea secțiunii se folosesc secțiuni verticale perpendiculare pe direcție, de exemplu secțiunea AA_1 , care se cuprinde în secțiunea CC_1 . Din fig. 109 și 110 rezultă că, pentru construirea fig. 111, au servit ca bază grosimile verticale după linia $e\bar{f}$ fig. 110 (în fig. 111 această linie este notată cu $e_1\bar{f}_1$). Dacă secțiunea CC_1 ar trece printr-o serie de secțiuni perpendiculare pe direcție, acestea toate ar servi, ca și cea precedentă și, atunci, secțiunea CC_1 s'ar construi în baza grosimilor verticale, după o serie de direcții corespunzătoare $e\bar{f}$ ($e_1\bar{f}_1$).

În fig. 112 este reprezentată secțiunea orizontală pe orizontul 170 m. Această secțiune caracterizează direcția și grosimile orizontale ale zăcămintului și ale rocilor înconjurătoare, în secțiunea dată. Construcția s'a făcut în baza datelor din galeria transversală dela orizontul 170 m. Pentru construirea secțiunilor orizontale, este mai ușor să se folosească o serie de secțiuni verticale, făcute transversal pe direcția rocilor, deoarece acestea se construiesc, de obicei, înainte, în număr suficient și prin urmare, ele conțin materialul documentar privitor la lucrările miniere executate. După secțiunile orizontale, se construiesc secțiunile verticale, în cazul dezvoltării suficiente a lucrărilor miniere, la diferite orizonturi ale zăcămintului.

Astfel, pentru construirea fig. 112 se folosesc grosimile orizontale în lungul dreptei \overline{gh} din fig. 110 (în fig. 112, această linie a fost însemnată cu g_1h_1). Prin punctele de contact ale rocilor se duc liniile direcțiilor lor și astfel secțiunea orizontală prin orizontul dat este terminată. Dacă sunt numai câteva secțiuni verticale, transversale pe direcție, secțiunea orizontală se va construi după câteva drepte, în lungul cărora sunt cunoscute grosimile orizontale. Astfel, zăcămintele de formă regulată sunt reprezentate destul de sugestiv prin imaginea din desen și prin sistemul de secțiuni.

Despre documentarea diferitelor lucrări miniere, se va trata mai departe.

CAPITOLUL III

FORMA CUTATĂ A STRATELOR

§ 1. OBSERVAȚII GENERALE

Așezarea zăcămintelor stratiforme este diferită și depinde de condițiile de formare a structurilor geologice. Formațiile sedimentare se prezintă, adeseori, sub formă cutată și din această cauză, zăcămintele stratiforme de substanțe minerale utile, legate de formațiunile sedimentare, au formă de așezare cutată.

La explorarea și exploatarea lor, o imagine reală despre forma de așezare a zăcămintului este o condiție necesară executării lucrului cu succes. Forma suprafeței stratelor cutate satisface imaginea despre forma lor de zăcământ.

Elementele care caracterizează forma cutelor în diferite condiții geologice sunt numeroase, însă puțin studiate și insuficient generalizate.

În cazuri izolate și pentru sectoare limitate, este posibil să se aplice metoda de calcul aproximativ al caracteristicii suprafețelor de cute, care se bazează pe proprietățile geometrice ale suprafețelor liniare desfășurabile, cilindrice și conice.

Suprafața conică se poate exprima ca o suprafață formată de o dreaptă în mișcare, numită generatoare, al cărei capăt se sprijină pe un punct fix, care se numește vârful conului.

O suprafață conică se bucură de următoarele proprietăți geometrice:

1. toate generatoarele unei suprafețe conice se intersectează într'un punct numit vârf;
2. directoarea unei suprafețe conice poate fi orice curbă dusă pe suprafața conică;

3. dreapta care unește un punct oarecare de pe suprafața conică cu vârful este generatoarea suprafeței conice;

4. planul tangent într'un punct oarecare de pe suprafața conică este tangent după generatoarea, care trece prin acest punct; Rezultă că planele tangente la o suprafață conică trec prin vârful ei;

5. planul care intersectează o suprafață conică după o generatoare trece prin vârful suprafeței conice.

Suprafața cilindrică este generată de o dreaptă (generatoare) care se mișcă paralel cu o direcție dată, în jurul unei curbe (directoare).

Suprafața cilindrică se bucură de următoarele proprietăți geometrice:

1. toate generatoarele suprafeței cilindrice sunt paralele între ele, adică unghiurile lor de direcție și de înclinare sunt aceleași;

2. directoarea unei suprafețe cilindrice poate fi orice curbă dusă pe această suprafață;

3. planul tangent într'un punct la o suprafață cilindrică este tangent la suprafață, după generatoarea, care trece prin acest punct.

Pentru rezolvarea problemelor geometrice, care sunt în legătură cu formele plane ale așezării stratalor, se recomandă, pe lângă metoda grafică, și metoda analitică, deoarece dă soluții precise și rapide. Aplicarea metodei analitice, pentru suprafețele cutelor, chiar dacă acestea sunt luate — convențional — cilindrice sau conice, devine greoaie. Prin urmare, rapiditatea rezolvării se pierde, iar precizia dorită a soluționării în esență nu poate fi asigurată, deoarece înseși suprafețele conice și cilindrice prezintă numai o asemănare aproximativă cu suprafețele reale ale cutelor. În sfârșit, ținând seamă, că la rezolvarea problemelor, complexitatea formelor care o reprezintă cât mai sugestivă a corpurilor și a dimensiunilor determinabile, trebuie să se insiste asupra metodei grafice, ca metodă de bază.

Aplicarea proprietăților geometrice ale suprafețelor cilindrice și conice, pentru interpretarea suprafețelor cutate, se poate face numai în cazul porțiunilor separate și limitate ale cutelor.

Pentru suprafețele mari, forma cutelor, după complexitatea lor, nu poate corespunde imaginii de suprafețe liniare desfășurabile. Afară de aceasta, numărul de puncte date (puncte de explorare) crește astfel, încât se poate caracteriza suprafața cutelor ca o suprafață topografică. Pentru construirea suprafeței topografice, se pot aplica diferite metode, în funcție de caracterul poziției punctelor, cu care s'a deschis suprafața cutată a zăcămintului.

În cazul condițiilor geologice complexe, particularitatea principală a suprafeței cutate este forma liniară a cutelor și prezența sinusoidelor în secțiunea transversală, care dau cutelor forme închise, în interiorul structurii liniare generale.

Forma cutată, fiind un corp fizic geometric, se împarte în părți numite elementele cutei.

Forma generală și secțiunea unei cute cilindrice sunt arătate în fig. 113, a.

Se observă că suprafața cutei se împarte în: două părți plane și una curbă. Părțile plane sunt AB și CD (fig. 113, b) și se numesc flancurile cutei. Partea curbilinie BC , fiind trecerea de la un flanc la celălalt, se numește coama cutei. Unghiul diedru ν , format de cele două flancuri, se numește unghiul cutei. Spațiul cuprins în inte-

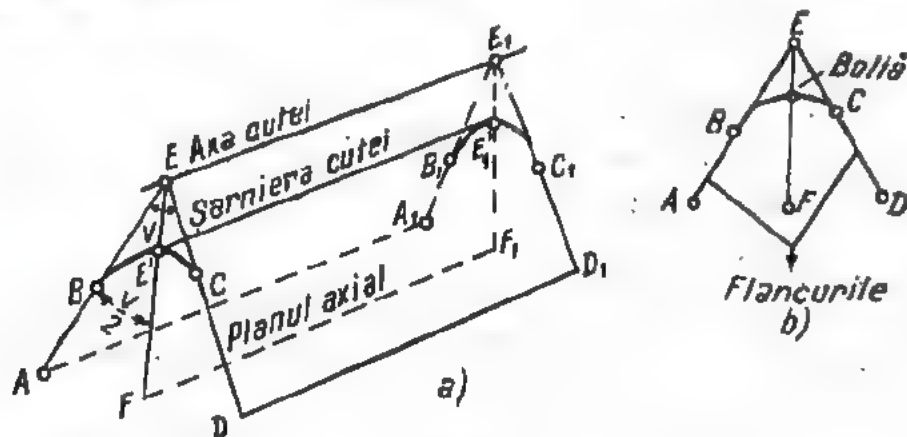


Fig. 113

riorul cutei se numește miezul ei. În orice secțiune verticală există punctul de inflexiune E' . Linia $\overline{E'E'_{1}}$, care unește toate punctele de inflexiune ale cutei date, se numește șarniera cutei. În general, această linie este neregulată. În cazul unei cute regulate cilindrice și pentru o porțiune limitată a unei cute complexe, șarniera cutei poate fi o linie dreaptă.

Dreapta $\overline{EE_{1}}$ de intersecție a prelungirii flancurilor se numește axa cutei. Axa cutei cilindrice, cum se vede în desen, este paralelă cu șarniera și se află la o oarecare distanță de ea. În cazul special, când suprafața bolții cutei se transformă într-o dreaptă, șarniera coincide cu axa cutei.

Planul $\overline{EE_{1}F_{1}F}$, care împarte unghiul cutei ν în jumătate, se numește „plan axial”. La cutele complexe, evident că aceasta nu va fi un plan, ci o suprafață, numită „suprafață axială”. Importanța practică a acestui element al cutei, constă în faptul, că în el, rocele cutei suferă tensiuni mari și sunt supuse deformației. Rezultă că în această zonă, pot apărea roce frământate (sfărâmări, involburări, etc.). Pentru geologi această zonă este importantă, ca o zonă de mineralizare posibilă, iar pentru mineri, această zonă prezintă importanță, ca fiind zona cu condiții grele pentru executarea lucrărilor miniere și pentru întreținerea lor; deaceia trebuie să se cunoască poziția ei în spațiu. Corespunzător elementelor arătate pentru cute, s'a stabilit

clasificarea lor geometrică. Mărimile care permit determinarea formei și poziției cutei în spațiu se numesc elementele ei de reprezentare.

Din acestea fac parte: 1. unghiurile de direcție și de înclinare ale flancurilor cutei, 2. unghiurile de înclinare și de direcție ale axei și ale șarnierei cutei, 3. unghiul cutei și 4. unghiurile de înclinare și de direcție ale planului axial al cutei.

Cutele se împart, după formă, în două mari grupe: 1. sinclinale, 2. anticlinale.

Cuta se numește sinclinală, dacă flancurile au căderea spre axa cutei (fig. 114, a). În cazurile unei cute înclinate sau culcate, un flanc poate să cadă spre axă, iar celălalt poate să se depărteze de ea (fig. 114, b).

Pentru mai multă claritate, se va folosi relația reciprocă dintre axă și planul axial. Se va numi cută sinclinală, cuta pentru care planul axial cade către ax. În această definiție, situația va fi mai

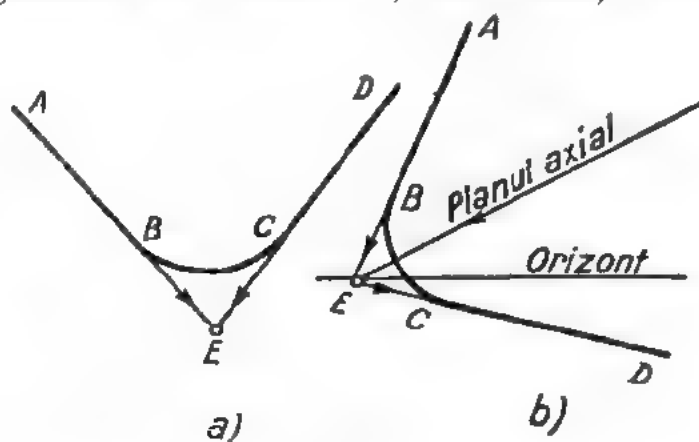


Fig. 114

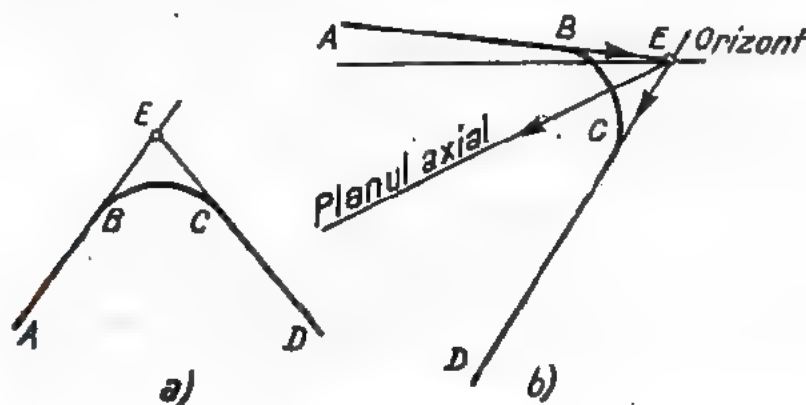


Fig. 115

clară, numai într'un singur caz particular, și anume, când suprafața axială va fi orizontală. În acest caz, se pot folosi indicatori stratigrafici. La cuta sinclinală, rocele miezului sunt mai tinere decât rocele dela periferia cutei.

Cuta se numește anticlinală, dacă flancurile se depărtează de axa cutei (fig. 115, a) sau, în general, dacă suprafața axială se depărtează de axă (fig. 115, b). La cuta anticlinală, rocele miezului sunt mai vechi decât rocele dela periferia cutei.

După mărimea unghiului, cutele se împart în:

1. normale, când $180^\circ > \nu > 0$;
2. isoclinale, când flancurile cutei sunt paralele între ele;
3. în formă de avantai, când flancurile cutei sunt atât de strânse, încât miezul și axa cutei sunt situate de aceeași parte a șarnierei cutei.

După unghiul de înclinare al axei față de orizontală, se deosebesc cute verticale, înclinate și orizontale.

§ 2. DETERMINAREA DIRECȚIEI ȘI A INCLINĂRII CUTELOR

Pentru determinarea direcției și a înclinării unei cute se folosește axa ei. În funcție de aceasta, se observă mai ușor particularitățile geometrice ale cutelor.

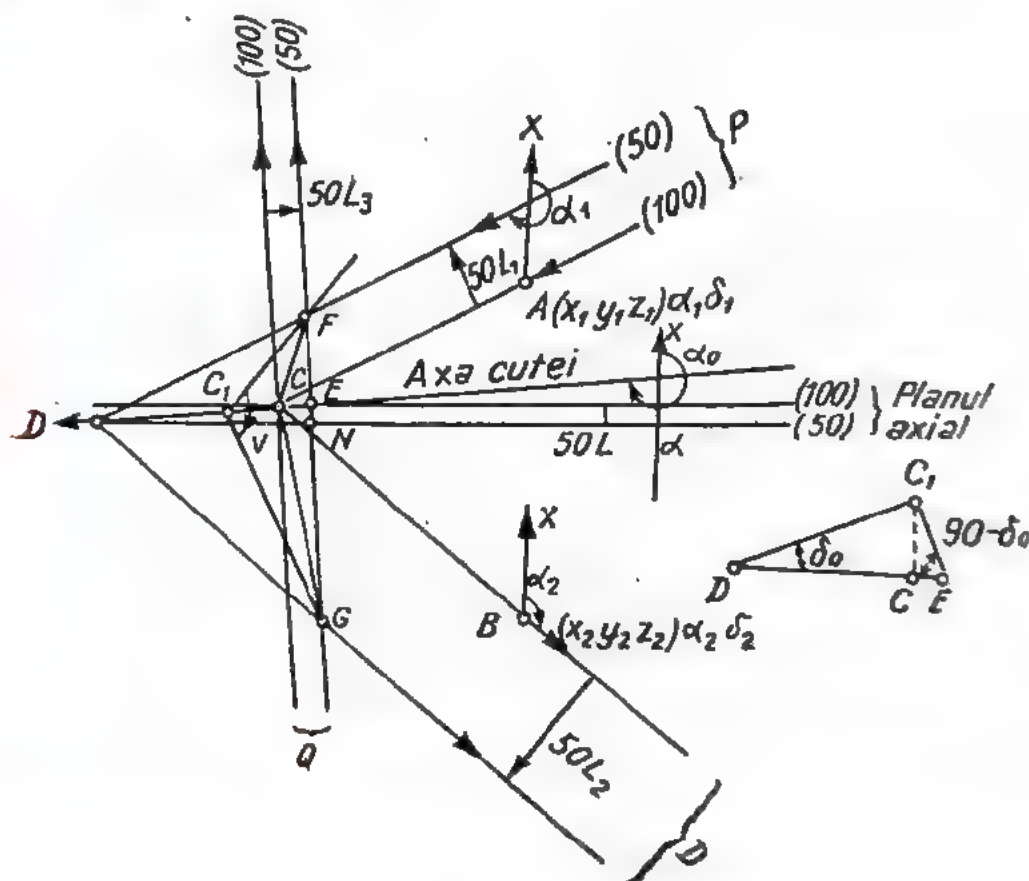


Fig. 116

Fie cunoscute direcția și înclinarea flancurilor cutei, și anume: Punctul $A(x_1, y_1, z_1)$ $\alpha_1 \delta_1$ și punctul $B(x_2, y_2, z_2)$ $\alpha_2 \delta_2$ (fig. 116).

Să se determine: unghiurile de direcție și de înclinare ale axei cutei, unghiul cutei, cum și direcția și înclinarea planului axial.

Din direcția și din înclinarea dată, ale flancurilor cutei, se construiesc, din punctele A și B , flancurile ei P și D prin isohipse (curbe de nivel). Fiecare flanc se determină complet prin două isohipse, de exemplu isohipsa 100 și 50. Intersecția isohipselor de

aceeași cotă, în punctele C și D , determină elementele axei cutei α_0 și δ_0 . Unghiurile α_0 și δ_0 se găsesc ușor în desen, prin măsurare. Pentru determinarea unghiului cutei ν (sub care se înțelege unghiul diedru format de flancurile cutei), se construiește planul Q , normal pe axa cutei. În secțiune cu flancurile, se obține unghiul plan ν , care servește ca măsură a unghiului diedru al cutei. Punctele de intersecție ale isohipselor de aceeași cotă și ale planului de secțiune și ale flancurilor cutei determină proiecția unghiului plan amintit. Prin metoda cunoscută anterior, a suprapunerii planelor, din proiecțiile unghiului FCG , se determină mărimea adevărată a unghiului $\nu = \angle FCG$. Rămâne să se determine direcția și înclinarea suprafeței axiale a cutei. Planul axial este planul care împarte unghiul cutei în jumătate. Pentru aceasta, se împarte unghiul ν în jumătate ducându-se bisectoarea CN ; prin punctul N va trece planul axial. La fel va trece și prin punctele care se află pe axa cutei, adică prin C și D . Din fig. 116 rezultă că punctul N are aceeași cotă ca și punctul D , adică 50.

Punctele N și D , având aceeași cotă și fiind în planul axial, atât dreapta care le unește, cât și prelungirea ei, este isohipsa acestui plan, care are cota 50. A doua isohipsă a planului axial se duce prin punctul C de pe axa cutei, paralel cu prima. Cota ei va fi 100.

Două curbe de nivel ale planului axial, astfel construite, determină complet poziția lui în spațiu. Unghiul ei de direcție α și de înclinare δ , se pot determina ușor din segmentul egal cu 50 L.

Este ușor de observat că planul axial cade înspre flancul cutei. La cutele cu înclinarea egală a flancurilor, planul axial va fi vertical. S'a arătat necesitatea cunoașterii poziției în spațiu a planului axial. Determinarea direcției și a înclinării axei cutei este o problemă geometrică, care se întâlnește des în practica minieră și în cea de explorări geologice și care este numită determinarea unghiului de afundare al cutei.

Determinarea elementelor de direcție și înclinare a cutei, care sunt valori unghiulare, se poate face atât în proiecție cotată, cât și în proiecție liniară și stereografică.

§ 3. CONSTRUCȚII ÎN LEGATURĂ CU REPREZENTAREA SUPRAFETEI CILINDRICE A CUTEI

Multe probleme geometrice, legate de forme outate de zăcământ, necesită reprezentarea cutelor. La aceasta, adeseori, trebuie să se execute reprezentarea după un număr insuficient de date. Ultima împrejurare impune, pe porțiuni limitate, în prezența unor anumiți indici, să se asimileze suprafețele cutelor cu suprafețele cele mai simple, și anume, cele cilindrice și conice.

Reprezentarea cutelor se poate face, mai ales, prin metoda proiecției cotate, proiectându-se în plan orizontal și într'un sistem de secțiuni. Dintre acestea din urmă, în practică se folosesc mai des: 1. secțiuni în plan vertical, transversale pe direcția cutelor; 2. secțiuni în plan vertical, în direcția cutelor; 3. secțiuni în plan vertical, după o direcție dată și 4. secțiuni orizontale.

Planul pe care este reprezentată suprafața cutei prin isolinii de aceeași înălțimi (isohipso sau curba de nivel) se numește planul hipsometric. Din acest plan ne putem da seamă de caracterul suprafeței de cute, planul constând dintr'un complex de secțiuni orizontale echidistante ale cutei. Secțiunile verticale, transversale pe direcție și după o direcție oblică față de direcția cutelor se construiesc din lucrările miniere care deschid cuta și care determină unghiul de înclinare și grosimile rocilor componente, după aceste secțiuni. Secțiunea verticală după direcție se face, adeseori, după axa cutei, caracterizând atât afundarea cutei, cât și succesiunea sau variația rocilor, pe direcție. Fiecare secțiune orizontală caracterizează direcția stratelor, a rocilor înconjurătoare, a faliilor, cum și alte elemente geologice din secțiunea dată.

Înainte de a trece la reprezentarea suprafețelor cilindrice ale cutelor este necesar ca, în baza unei serii de indici, să se stabilească posibilitatea de a reprezenta suprafața de racordare cu flancurile cutei, printr'o suprafață cilindrică.

Toate generatoarele suprafeței cilindrice sunt paralele cu axa cutei și paralele între ele. De aceea, o suprafață cilindrică este complet definită în spațiu prin direcția și înclinarea unei generatoare și a directoarei. Într'o secțiune plană a suprafeței cilindrice, directoarea este o curbă, care se determină practic printr'o secțiune verticală, făcută pe linia punctelor de explorare, pe aflorimente sau pe deschiderile cutei, în lucrările miniere.

Se va analiza reprezentarea suprafeței de racordare, cu flancurile cutei, din datele de explorare, pentru cazul când numărul lor este insuficient, pentru reprezentarea ei printr'o suprafață topografică. Fie o linie transversală pe direcția cutei, pe care sunt situate punctele de explorare și în baza cărora se cere să se reprezinte o porțiune din cută, adiacentă acestei linii. Se construiește secțiunea verticală a cutei, după direcția de explorare (fig. 117). Pe secțiune se va arăta numai stratul 1. Rocile din culcuș și din acoperiș sunt cotate la fel ca stratul 1 și deoarece pentru construcțiile ulterioare nu sunt necesare, ele nu sunt reprezentate în secțiune (fig. 117). Din secțiune, se stabilește forma suprafeței de racordare între flancurile cutei, în baza datelor care se obțin din intersecția punctelor de explorare, cu suprafața stratului 1.

Direcția (II-II), după care s'au făcut secțiuni și pe care sunt așezate punctele de explorare, se transpune în planul orizontal

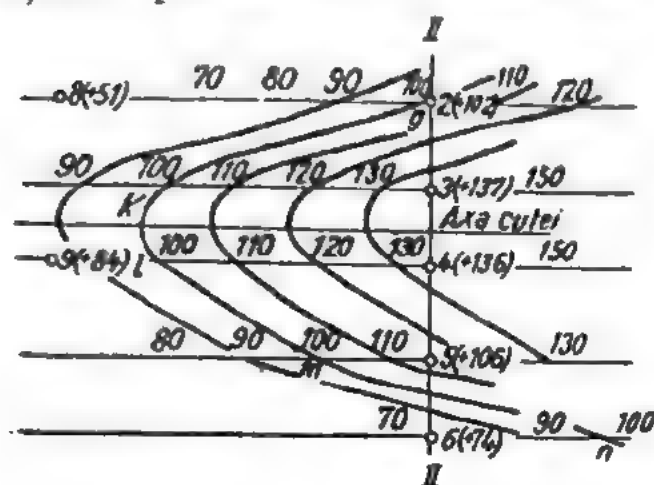


Fig. 117

(fig. 118). În desen, aceasta nu s'a plasat în întregime. Axa cutei este perpendiculară pe direcția II-II și are unghiul de înclinare față de orizont, δ_0 . Pentru stabilirea formei suprafeței de racordare între flancurile cutei, este suficient să se determine direcția și înclinarea generatoarelor. Pentru aceasta, se determină, cu lucrări complementare, unghiul generatoarelor față de orizont, pe o

direcție paralelă cu axa cutei, de exemplu pe direcția 2—8 sau 4—9. Pentru rezultatele apropiate de δ_0 se poate considera racordarea dintre flancuri, ca o suprafață cilindrică.

În acest caz, determinarea ei se face construind întâi o isohipsă, care este directoarea suprafeței cilindrice. Toate celelalte isohipse, după caracterul lor, vor fi identice cu prima, și fiecare isohipsă va fi, față de precedenta, deplasată pe direcția cutei, cu aceeași distanță, determinată de unghiul de afundare al cutei și al secțiunilor orizontale.

Construcția primei isohipse a suprafeței cilindrice de racordare între flancurile cutei reprezintă trecerea dela directoarea suprafeței

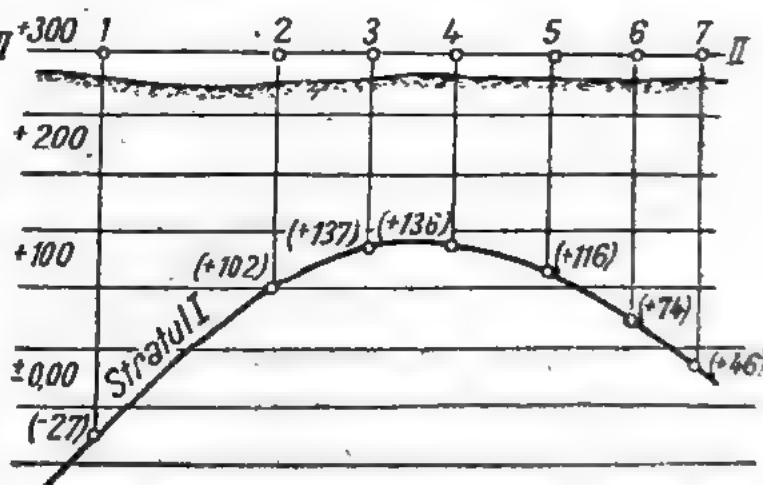


Fig. 118

de racordare a flancurilor cutei în secțiunea verticală (după direcția II-II), la directoarea acestei suprafețe din secțiunea orizontală, la un nivel oarecare, de exemplu +100. Ca bază de trecere servește secțiunea după direcția II-II (fig. 117) și unghiul de afundare al cutei δ_0 , reprezentat grafic în fig. 119. Pentru a ușura construcția, linia intervalelor (cateta orizontală) și linia înălțimilor (cateta verticală) se gradează. În fig. 118 se construiește isohipsa cu cota +100. Pentru construirea ei este destul să se găsească punctele de cotă

+100 pe toate generatoarele suprafeței de racordare a flancurilor cutei (fig. 118). Pe generatoarele după direcția $II-II$, în punctele 2, 3, 4, 5 și 6, sunt cunoscute cotele și unghiul de înclinare al generatoarelor față de orizont, care este egal cu unghiul de afundare al cutei δ_0 .

Pe generatoarea care trece prin punctul 3 (+137) (fig. 118) se caută punctul cu cota +100. Diferența cotelor dintre punctul căutat și punctul 3 este 37. Rezultă că punctul căutat se găsește pe generatoare, față de punctul 3, în sensul căderii ei, la distanța $OK = 37 L$ (fig. 119). Astfel, se obține punctul

+100. În mod analog se găsesc punctele cu cota +100, pe toate celelalte generatoare (punctele l, m, n, g). La unele dintre ele, unde punctul dat, de exemplu punctul

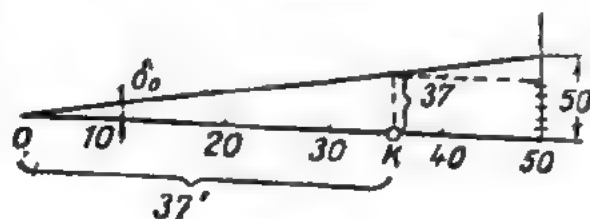


Fig. 119

6, are cota mai mică decât punctul căutat n , ultimul se va plasa pe generatoare înspre urcare (în dreapta, în fig. 118). Unind punctele g, k, l, m, n cu o curbă continuă, se obține isohipsa +100. Toate celelalte isohipse ale porțiunii racordării flancurilor cutei, care tind spre linia unităților de explorare ($II-II$), se vor construi simplu. În fig. 118 sunt reprezentate isohipsele porțiunii cutei în jurul direcției $II-II$, din 10 în 10 unități pe înălțime. Aici, orice isohipsă este situată în direcția generatoarelor față de precedenta, la o distanță egală cu $10 L$, unde $L = \text{ctg } \delta_0$.

Suprafața cutei se construiește nu numai după datele de explorare, ci și după datele lucrărilor de exploatare. Lucrările miniere orizontale, executate în strat, se pot considera, cu un anumit grad de aproximație, ca isohipsele suprafeței stratului. Deci, porțiunile exploatabile de strat, în liniile de aceeași cotă (isohipse), se reprezintă ușor. Problema constă în a reprezenta zone adiacente zonei cunoscute. Pentru aceasta, trebuie să se determine, după datele lucrărilor miniere, posibilitatea asimilării unei porțiuni cunoscute a suprafeței cutei, cu suprafețe regulate dintre cele mai simple.

În cazul de față, sunt caracteristici indicii după care se poate asemăna (apropia) suprafața cutei cu o suprafață cilindrică.

Fie (în fig. 120) o galerie în strat, la orizontul +100 pe direcția acb . În galerie, sunt determinate direcția și înclinarea stratului în punctele a, b și c . Aceeași galerie orizontală determină direcția și înclinarea planelor tangente la suprafața cutei, în aceste puncte. Dacă suprafața este cilindrică sau conică, tangența are loc după generatoarele suprafeței. Dreapta de intersecție a planelor tangente la suprafața cutei, în punctele a și b , va determina poziția axei cutei (segmentul \overline{de} și continuarea lui). Planul tangent la suprafața cutei

în punctul c va da, cu primele două plane, două drepte de intersecție: \overline{fg} și \overline{kl} , paralele cu generatoarele corespunzătoare ale suprafeței. Segmentele \overline{fg} și \overline{kl} , fiind paralele între ele și cu axa cutei, arată că generatoarele suprafeței date sunt paralele între ele, adică suprafața de racordare cu flaneurile cutei se poate considera ca o suprafață cilindrică.

Construcția secțiunilor verticale. Construcția secțiunii verticale a unei cuto cilindrice, după datele de explorare, este destul de ușoară și este reprezentată în fig. 117. Se construiesc secțiunile verticale

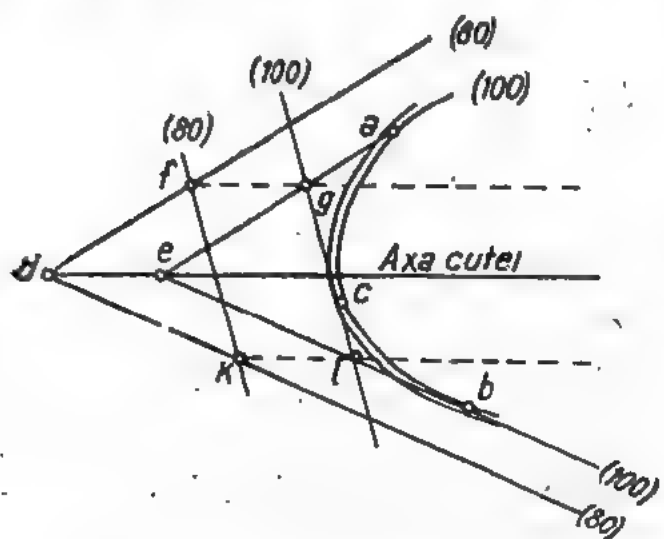


Fig. 120

pentru planele care trec prin complexul lucrărilor miniere și al celor geologice de explorare, independent de caracterul suprafețelor deschise de aceste lucrări. Interesează mai ales trecerea de la o secțiune a cuto cilindrice la alta. În practică, adeseori, după condițiile de desvelire a cutoilor în unele secțiuni și pentru determinarea unei serii de mărimi, trebuie să se folosească secțiuni orizontale, verticale și normale.

Mai sus, la determinarea unghiului cutoi și a elementelor de direcție și înclinare a planului axial, construcția unei secțiuni normale a fost deja analizată. Exact la fel, în paragraful de față, la reprezentarea cutoi prin isolinii, după datele lucrărilor geologice de explorare, s'a analizat trecerea de la secțiunea verticală la cea orizontală. Prin urmare, rămâne să se examineze trecerea de la secțiunea orizontală a cutoi cilindrice la secțiunea ei verticală. Această problemă se întâlnește des în practica minieră și în cea a geologiei de explorare, și anume când, de exemplu, după aflorimentul cutoi, se cere construcția secțiunilor verticale în diferite puncte ale ei. Pentru construcție trebuie să se cunoască, pe lângă aflorimentul cutoi, unghiul de afundare al ei. Trecerea menționată este efectuată în fig. 121. Aici sunt date: 1. curba (fig. 121, a) $e'abkedf'$ — aflorimentul cutoi cilindrice pe un plan orizontal oarecare (suprafața terenului orizontal, a lucrărilor miniere subterane, etc.); 2. segmentul kk_1 — proiecția axei cutoi (unghiul de afundare al cutoi δ_0) și 3. segmentele $\overline{aa_1}$, $\overline{bb_1}$, $\overline{cc_1}$, $\overline{dd_1}$ — proiecțiile generatoarelor cutoi. Să se construiască secțiunile verticale ale cutoi: 1. transversal pe direcția cutoi, după MN și 2. după o direcție oblică PQ .

În fig. 121a se duc direcțiile secțiunilor și pe fiecare dintre ele, se însemnează proiecțiile punctelor de intersecție ale lor cu axa cutei și cu toate generatoarele. Astfel, pentru direcția MN avem punctele: a_1, b_1, k_1, c_1, d_1 și pentru direcția PQ , corespunzător, a_2, b_2, k_2, c_2, d_2 .

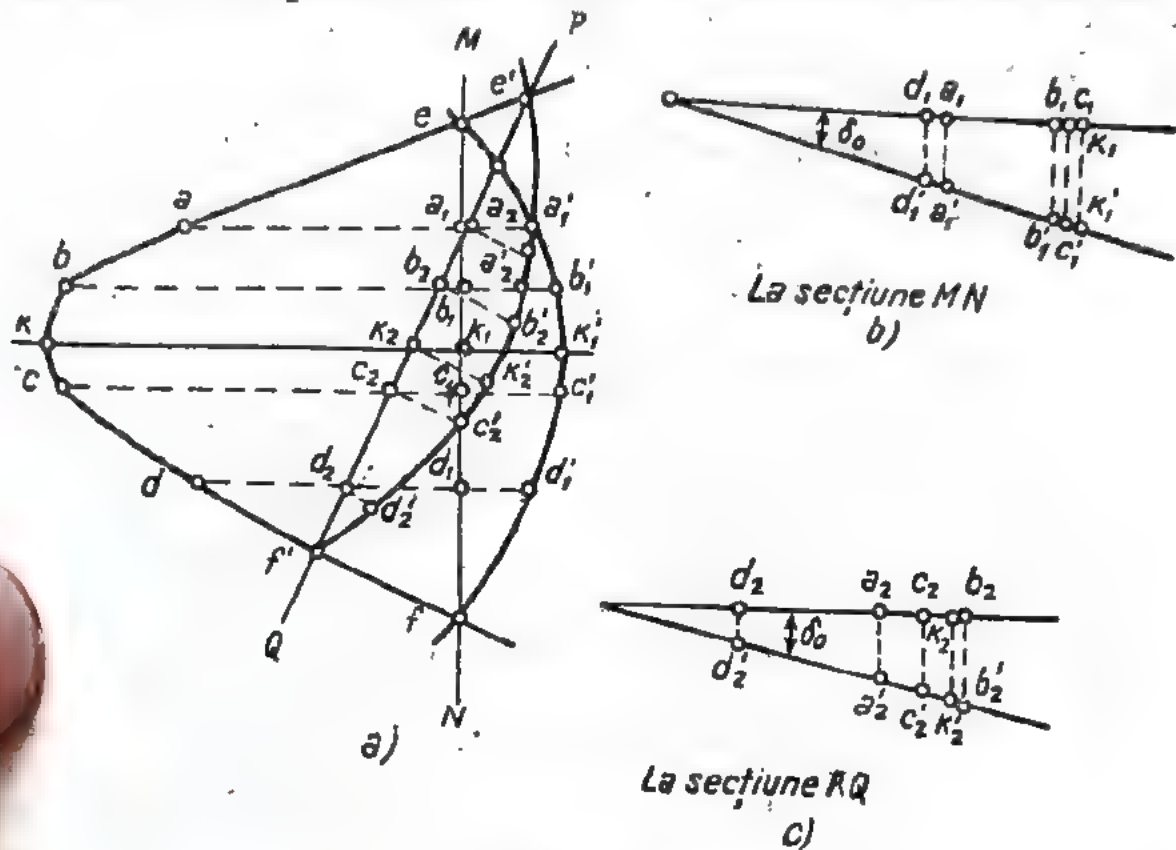


Fig. 121

Unghiul δ_0 de afundare al axei și al generatoarelor cutei, este cunoscut. Rezultă că este ușor să se determine cotele punctelor care se găsesc, în același timp, pe generatoarele cutei și pe secțiunile verticale date MN, PQ față de planul orizontal, unde este dat aflori-mentul cutei. Determinarea cotelor acestor puncte este reprezentată în fig. 121, b (pentru secțiunea MN) și 121 c (pentru secțiunea PQ). Pentru aceasta se construiește unghiul de afundare al cutei δ_0 , în raport cu direcția orizontală (exemplu fig. 121, b). Pe orizontală, din vârful unghiului construit, se iau proiecțiile axei și generatoarele cutei, ale căror capete corespund, în fig. 121, b, punctelor d_1, a_1, b_1, c_1, k_1 . Catetele verticale corespunzătoare lor, $d_1 d'_1$ și $a_1 a'_1$ etc., la scară, vor exprima cotele punctelor căutate. Folosind aceste puncte, se poate construi secțiunea verticală după direcția MN . Secțiunea este re-prezentată în fig. 121, a prin curba $e a'_1 b'_1 k'_1 c'_1 d'_1 f$. Din figură re-zultă că această curbă, împreună cu direcția secțiunii MN în desen, reprezintă suprapunerea secțiunii verticale a cutei, cu planul ori-zontal al ei.

Secțiunea PQ se construiește în același mod.

Secțiunile orizontale și verticale se construiesc la aceeași scară.

§ 4. CONSTRUCȚII ÎN LEGATURĂ CU REPREZENTAREA SUPRAFEȚEI CONICE A CUTEI

Proprietatea fundamentală a suprafeței conice constă în faptul, că toate generatoarele ei se intersectează într'un punct numit vârful suprafeței conice. Rezultă deci, că pentru determinarea completă a suprafeței conice în spațiu trebuie să se dea coordonatele acestui vârf și directoarea într'o secțiune oarecare (mai des orizontală sau verticală).

Fiecare dintre generatoarele suprafeței conice are numai o direcție proprie ei și o mărime a unghiului de înclinare. Toate problemele văzute mai sus, privind reprezentarea suprafețelor cilindrice ale cute-

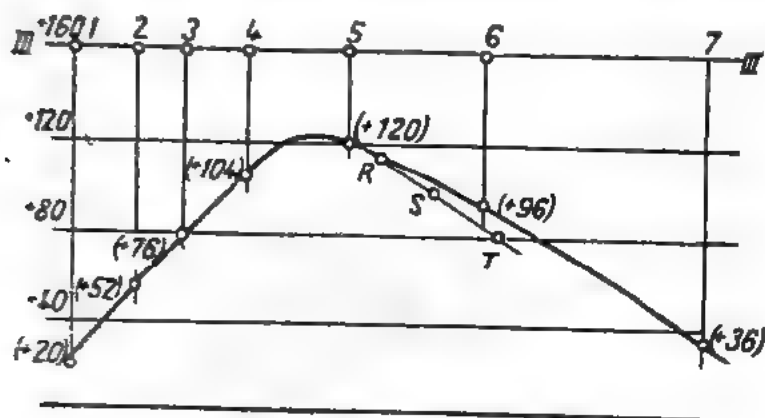


Fig. 122

lor, se vor pune, și în acest caz, în aceeași ordine, însă cu particularitățile, care decurg din proprietățile geometrice fundamentale ale suprafețelor conice.

Folosirea proprietăților suprafețelor regulate la reprezentarea cutilor, are ca scop să reducă la minimum numărul punctelor de explo-

rare, pentru clasificarea formei cutilor și după acest număr minim de date, cu o precizie practic suficientă, se reprezintă structura cutată. În cazul când există un număr suficient de date, forma cutată se va reprezenta prin metoda obișnuită de reprezentare a suprafețelor topografice. Pentru cazul când nu există date suficiente, trebuie să se caute, pe suprafața cercetată, indicații care ar permite să fie considerată ca o suprafață regulată oarecare și în baza acestei considerații, să se facă construcții necesare, pe un sector oarecare limitat.

Se va analiza modul de reprezentare a suprafeței conice a cutei, după datele lucrărilor de explorare, când numărul lor este insuficient, pentru a o putea reprezenta printr'o suprafață topografică.

Fie un strat cutat deschis de o serie de unități de explorare, situate după o direcție oarecare, de exemplu III-III (fig. 122), fiind cunoscute, în același timp, direcția și înclinarea flancurilor, de exemplu în punctele 3 și 6 (fig. 123).

Folosind direcția și înclinarea cunoscută a flancurilor, se va determina, grafic, direcția și înclinarea axei cutei. Directoarea suprafeței cutate este dată de secțiunea plană după direcția III-III a datelor de explorare. Înălțimea suprafeței conice se află într'un punct oarecare, pe axa cutei.

Fie ca lucrările complementare de explorare, făcute pe coama cutei, să indice, într'un punct k , că segmentul \overline{kl} este paralel, în plan, cu axa cutei (fig. 123), dar care nu este paralel cu ea în spațiu, adică suprafața coamei nu se poate considera cilindrică. Rămâne să se considere suprafața coamei cutei, pe o porțiune oarecare, conică.

Pentru ca forma cutată să fie complet determinată în spațiu, trebuie să se găsească vârful suprafeței conice. Pentru aceasta, este destul să se calculeze generatoarea suprafeței, care dă, în punctul de intersecție cu axa cutei, vârful suprafeței conice.

În acest caz, se folosește un plan ajutător, care secționează suprafața coamei cutei. Fie ca acest plan să treacă prin axa cutei și prin punctul k de pe coama ei (fig. 123); k are cota $+100$. Rezultă că dreapta care unește punctele D și k este curba de nivel $+100$ a planului nostru ajutător. Întrucât această curbă trece prin axă, ea trece și prin vârful suprafeței conice, deci secționează suprafața după generatoare. Punctul k se găsește pe această generatoare. Pentru determinarea generatoarei în spațiu, este suficient să se găsească încă un punct al ei.

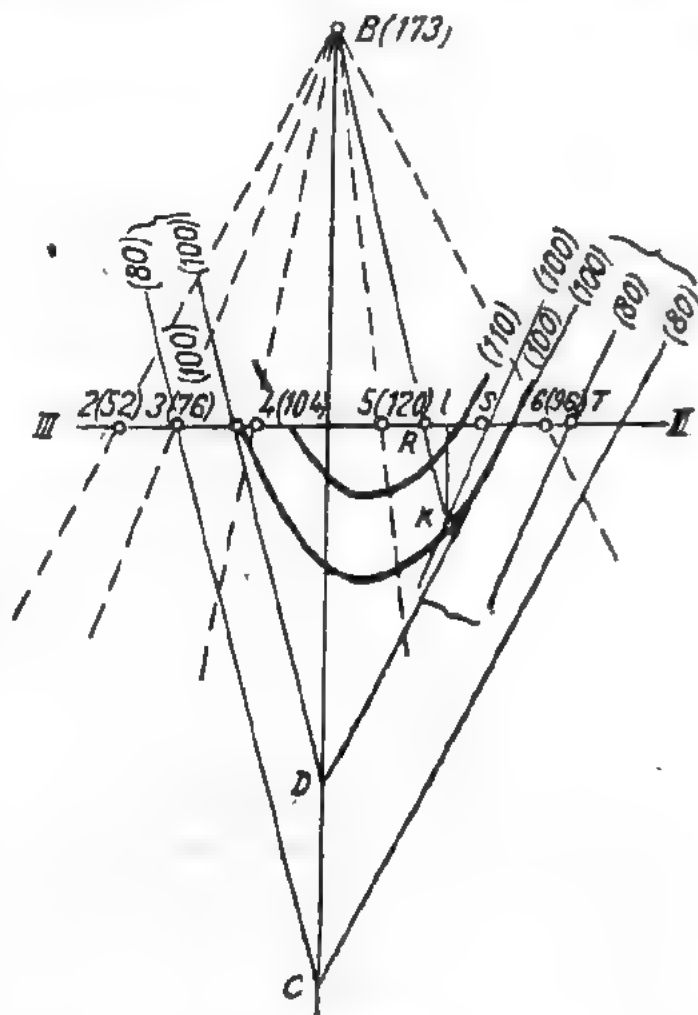


Fig. 123

Planul ajutător dă, în planul vertical de secțiune *III-III*, urma *ST* (fig. 122), a cărei prelungire intersectează suprafața coamei, în punctul *R*. Punctul *R* se găsește pe generatoarea, care trece prin punctul *k*.

Se transportă punctul R de pe secțiune (fig. 122) pe planul orizontal (fig. 123). Dreapta care unește punctele k și R în planul orizontal este generatoarea căutată. Prolungirea ei până la intersecția cu axa cutei dă poziția vârfului conului B .

Cota punctului B se poate calcula; după aceea se unește punctul B cu toate punctele cunoscute de pe direcția $III-III$; se va obține o

serie de generatoare ale suprafeței conice a coamei cutei. Pentru reprezentarea suprafeței cutei în plan, prin isoliniile porțiunii situate lângă direcția unităților de explorare, rămâne să se gradeze generatoarele obținute și să se ducă, din punctele de aceeași cotă, isohipsele (curbele de nivel). În fig. 123 sunt reprezentate două isohipse $+100$ și $+110$.

Alegerea secțiunii pentru construirea planului hipsometric, depinde de numărul datelor, de modul de așezare a zăcământului și

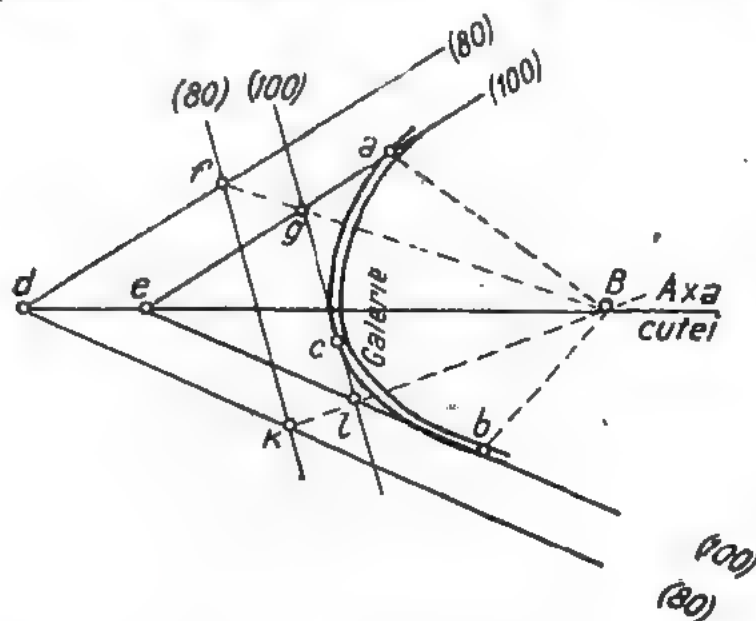


Fig. 124

de condițiile speciale cerute desenului. Mai sus, s'a arătat că suprafața cutei trebuie să fie reprezentată nu numai după datele de explorare, ci și după datele obținute prin lucrările miniere. Problema se rezumă la reprezentarea porțiunilor zăcământului cutat, aferente porțiuni exploatare. Pentru aceasta, se cere să se stabilească, în porțiunea cunoscută a cutei, caracterul suprafeței cutei

pentru ca datele obținute să fie extrapolate pe porțiunea învecinată necunoscută. După care indici, din lucrările miniere, se va putea stabili că suprafața coamei cutei este o suprafață conică?

Desigur că suprafața va fi conică, dacă generatoarele sau cele trei plane tangente la trei puncte, care se găsesc pe trei generatoare diferite, se vor intersecta într'un punct, care este vârful suprafeței conice. Fie o galerie dela orizontul $+100$, care trece după curba acb (fig. 124). În punctele a , b și c sunt determinate direcția și înclinarea stratului, care sunt, în același timp direcția și înclinarea planelor tangente la suprafața cutei. Să se construiască curbe de nivel cu aceeași cotă ale acestor plane și să se calculeze liniile lor de intersecție kl , fg și de .

Dreptele construite se intersectează într'un punct B . Aceasta arată că suprafața coamei este o suprafață conică, iar B este vârful acestei suprafețe conice.

Cota punctului B se determină ușor din generatoarele care trec prin punctele a , b , c . Directoarea acb (galeria) de cotă $+100$ și vârful B al conului determină perfect suprafața cutei. Pentru reprezentarea suprafeței cutei prin isohipse, este destul să se gradeze

toate generatoarele și alegând secțiunea cerută, să se construiască isohipsele suprafeței. Curba (galeria) va fi isohipsa de cotă $+100$.

Pentru caracterizarea geometrică a cutei conice, este necesar, în afară de secțiunile orizontale, care se stabilesc prin isohipse, să se construiască și secțiunile verticale (fig. 122). Deaceia, este important să se arate legătura și trecerea dela o secțiune la alta, de exemplu dela secțiunile orizontale la cele verticale.

Fie în fig. 125, *a*, cuta conică dată prin directoarea *abcde*, în planul orizontal de cota $+100$ m și de vârful *B* al conului de cotă $+140$. Să se construiască secțiunea verticală a suprafeței cutei date, după direcția *MN*.

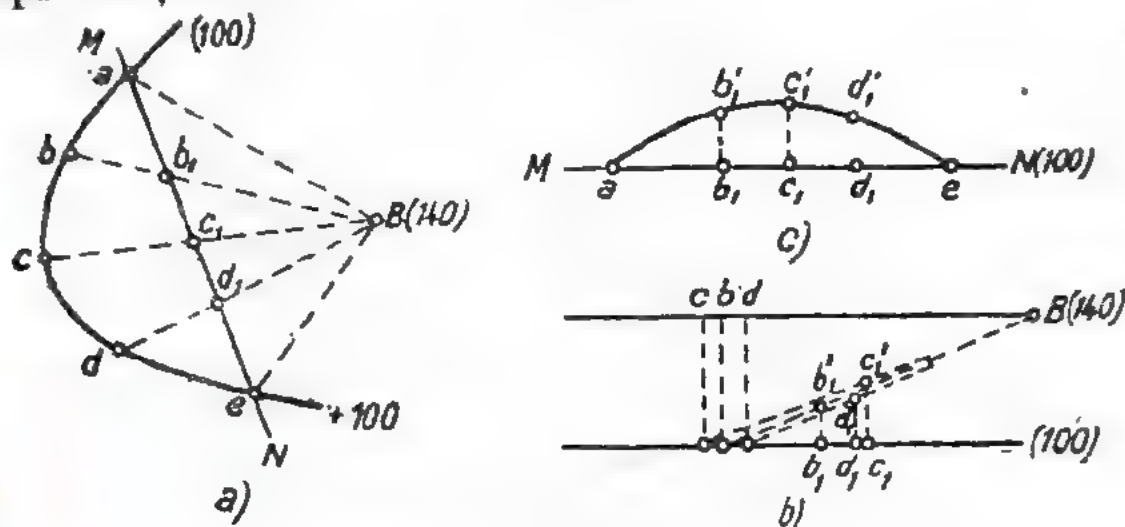


Fig. 125

Se transportă direcția *MN* cu punctele *a*, *b*₁, *c*₁, *d*₁, *e*, pe fig. 125, *c*. Pentru construirea secțiunii verticale, trebuie să se obțină cota punctelor *b*₁, *c*₁, *d*₁ față de planul orizontal de cotă $+100$.

Acastă construcție este reprezentată în fig. 125, *b*.

Cotele relative obținute, *b*₁*b'*₁, *c*₁*c'*₁, *d*₁*d'*₁, din fig. 125, *b*, sunt transportate pe fig. 125, *c*. Unind punctele *a*₁, *b'*₁, *c'*₁, *d'*₁, *e* (fig. 125, *c*) printr-o curbă continuă, se obține secțiunea verticală a suprafeței conice a cutei. Construirea suprafeței cutei prin extrapolare, din datele obținute pe porțiunile învecinate, se poate extinde, pe înclinare, cel mult pe înălțimea unui orizont, iar pe direcție, cel mult o jumătate din distanța medie dintre punctele de explorare.

§ 5. CONSTRUCȚIA PLANULUI HIPSOMETRIC AL STRATULUI DUPĂ COMPLEXUL DESVELIRILOR

Zăcămintele de forma structurilor cutate se deschid prin desveliri naturale și artificiale. Desvelirile artificiale cuprind explorările geologice și lucrările miniere. Desvelirile naturale se prezintă, adeseori, sub formă de aflorimente ale zăcămintelor și ale rocilor înconjură-

toare. Afară de aceasta, zăcămintele pot fi desvelite natural în malurile râurilor și ale pâraielor, în faleze, etc.

Toate punctele caracteristice de desvelire, ale zăcământului sau ale stratelor de roci se ridică, găsindu-se în aceste puncte direcția, înclinarea și alți indici. Ridicarea poate fi făcută instrumental, sau printr'un crochiu pe bază topografică.

Observația se generalizează, formând tabloul general, sub formă de planuri și de secțiuni.

Planul cu aflorimentele rocilor, sau la suprafața rocilor de bază sub aluviuni, se numește harta geologică a regiunii. În ultimul timp, pentru multe zăcăminte, hărțile geologice se fac la scară mare, prin ridicări instrumentale. O mare răspândire au găsit hărțile geologice pentru zăcămintele carbonifere, la scara 1:5 000 și pentru zăcămite de minereuri, la scările 1:2 000 și 1:1 000.

Hărțile geologice și alte materiale documentare din lucrările de explorări geologice și miniere permit executarea construcțiilor cerute, atât pentru părțile separate, cât și pentru zăcământul în întregime. Dintre aceste construcții face parte executarea secțiunilor și a planurilor hipsometrice ale zăcămintelor stratiforme cutate.

De exemplu, stratele de huilă sunt cutate. Se cere să se întocmească, în limitele câmpului minier, planurile hipsometrice, separat pentru fiecare strat, în vederea calculului și a evidenței mișcării rezervelor, a executării construcțiilor, pentru reprezentarea adâncimii la care se află stratele sau porțiunile lor, cum și pentru întocmirea planurilor de proiectare a lucrărilor miniere. Se întocmește un astfel de plan pentru stratul l_6 . Pentru condițiile date, modul de așezare a stratului și pentru sistemul dat de lucrări, se alege distanța dintre curbele de nivel egală cu 50 m. Stratul este desvelit în afloriment, prin lucrările geologice de explorare și prin lucrările miniere. Pentru întocmirea planului hipsometric se folosește, de obicei, metoda secțiunilor verticale. Pentru o documentare mai completă, este mai convenabil ca secțiunile verticale să fie referite la plane, care trec prin lucrările miniere și prin desvelirile la zi. Se mai caută să se execute secțiunile transversal pe direcția rocilor. În fig. 126 este reprezentată secțiunea verticală, transversal pe direcția stratelor. Secțiunea s'a făcut după aflorimentul stratului (sau al rocilor legate de el, punctul 1), după deschiderile făcute cu lucrările miniere (punctele 4, 6 și 8), cum și după deschiderile făcute prin lucrările geologice de explorare (sonda A). Pentru întocmirea secțiunii, sunt necesare coordonatele punctelor de desvelire a stratului, cum și direcția și înclinarea lor, pe direcția dată a secțiunii. Se pot cunoaște numai coordonatele punctelor, însă unghiurile de înclinare ale stratului, care au fost măsurate în lucrările miniere, precizează detaliile secțiunii.

Pentru a putea folosi secțiunea dată la întocmirea planului hipsometric al stratului l_6 , trebuie să se proiecteze toate punctele de desvelire a stratului (punctele 1, 4, 6, 8 și A), cum și toate punctele de intersecție ale stratului cu planele orizontale echidistante (la fiecare 50m) (punctele 2, 3, 5, 7, 9, 10), pe direcția secțiunii A-I și să se noteze lângă ele cotele corespunzătoare. Direcția A-I cu punctele obținute (și cotele lor) se transportă pe plan (fig. 127). Fie, în sistemul general, această direcție II-II.

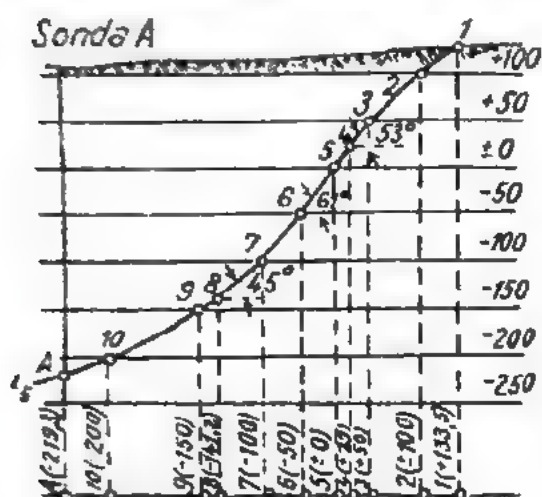


Fig. 126

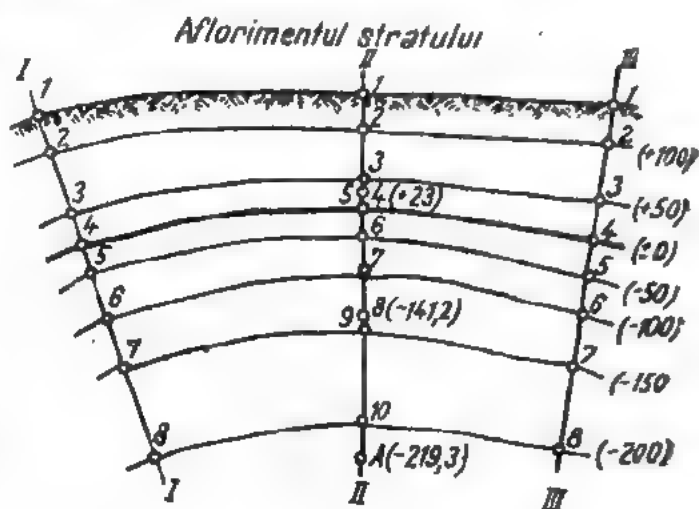


Fig. 127

La fel cu cele descrise se construiesc direcțiile I-I, III-III, etc.

Unind apoi punctele cu aceeași cotă prin curbe continue, se construiește planul hipsometric, cu echidistanța de 50 m.

După o serie de puncte se construiește, în planul orizontal, linia aflorimentului stratului l_6 .

Planurile hipsometrice mai conțin și alte lucrări caracteristice (de exemplu lucrările miniere, instalațiile, limitele stâlpilor de siguranță, etc.), care se trec în plan, pe măsura necesității.

Adeseori, la întocmirea planurilor hipsometrice premergătoare, din cauza lipsei datelor de explorare și a lucrărilor miniere, trebuie să se folosească numai aflorimentele stratelor. Pentru aceasta, trebuie să se cunoască, pe lângă aflorimente, atât unghiul de înclinare al rocilor, cât și coloana normală a rocilor pentru sectorul dat. Se pot cunoaște numai aflorimentele rocilor și coloana normală a stratelor, deoarece, din raporturi geometrice, se poate deduce unghiul de înclinare al stratificației.

Construcția se execută prin „metoda normalelor”.

Metoda normalelor se bazează pe folosirea planurilor desvelirilor rocilor la zi, cum și pe distanțele pe normală între ele, cunoscute dinainte. Această metodă constă în următoarele:

Sectorul zăcămintului, care urmează să fie determinat, se secționează prin mai multe plane verticale, după posibilitate, transversal

pe direcția lui. Se obțin astfel profilele suprafeței terenului, pe care se notează stratele din culcuș ale rocilor, de exemplu calcarele.

Admițând că grosimea pe normală a stratelor rămâne constantă (păstrarea paralelității planelor de stratificație) și cunoscând, în prealabil, distanțele pe normale între ele, cum și poziția lor reciprocă, se pot construi, pe secțiune, urmele stratelor din culcuș (marcante), după care nu prezintă greutate deosebită de a completa desenul, cu detalii de structură.

Practic, construcția se efectuează pe cale grafică.

În fig. 128 este reprezentat profilul vertical al suprafeței de teren, pe care este trasată poziția calcarelor L_1, L_2, L_3, L_4 , etc. Se

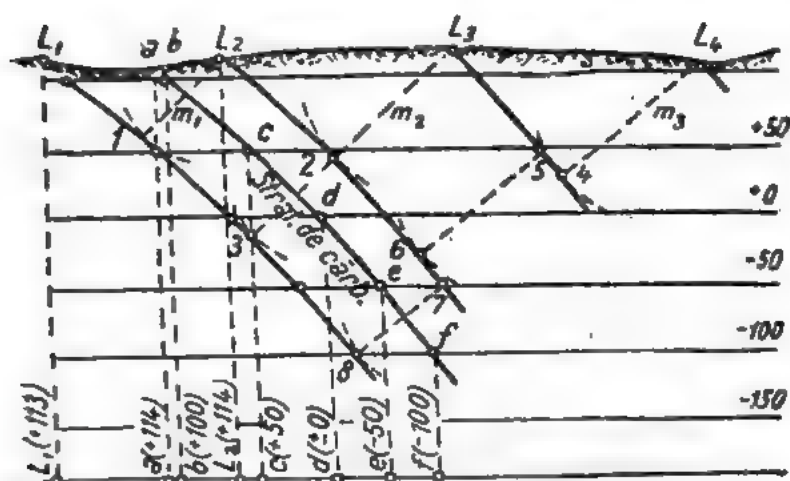


Fig. 128

fixează piciorul compasului în punctul din culcușul aflorimentului calcarului L_2 și cu deschizătura compasului egală cu distanța pe normală dintre calcarele L_1 și L_2 , se duce un arc de cerc spre calcarul L_1 .

Tangenta la acest arc în punctul 1 (fig. 128), care trece prin punctul aflorimentului culcușului calcarului L_1 , reprezintă imaginea, până la

adâncimea oarecare a urmei în planul secțiunii verticale, a culcușului calcarului L_1 . Făcând, succesiv, construcții asemănătoare pentru aflorimentele de calcar, L_3, L_4 , etc., se obține secțiunea verticală a stratelor, transversal pe direcția lor, până la adâncimea cerută. Poziția stratelor de cărbune între calcare se determină ușor. Pentru construirea planului hipsometric al stratului, se proiectează, pe direcția orizontală, aflorimentul stratului și al stratelor din culcuș și din acoperiș (L_1 și L_2), cum și punctele de intersecție ale stratului cu planele orizontale echidistante, având cotele multiplul distanței alese între curbele de nivel.

Dreapta orizontală obținută (direcția secțiunii), cu punctele indicate, se transpune pe plan. Pe plan se construiesc, cum s'a descris mai sus, direcțiile tuturor celorlalte secțiuni verticale. Folosind aceste secțiuni se întocmește planul hipsometric al stratului, până la adâncimea cerută, după cum este reprezentat în fig. 127.

În cazul când secțiunea verticală este deviată față de direcția transversală cu unghiul θ , distanța, după perpendiculară, dintre urmele stratelor în secțiune, va fi mai mare decât distanța pe nor-

mală (grosimi normale) dintre strate. Se va analiza acest caz. În fig. 129 este reprezentată, în plan, secțiunea orizontală a stratului de rocă.

Se fac două secțiuni verticale ale acestui strat:

1. după direcția MM , transversal pe direcția stratului și
2. după direcția NN , după o direcție oblică oarecare, care deviază față de direcția transversală, cu unghiul θ .

Secțiunile indicate sunt reprezentate în fig. 130.

Folosind aceste secțiuni nu este greu să se stabilească relația dintre m și m' , cum și normalele față de urmele tavanului și ale tălpii fâșiei (stratului), în planele secțiunilor verticale date.

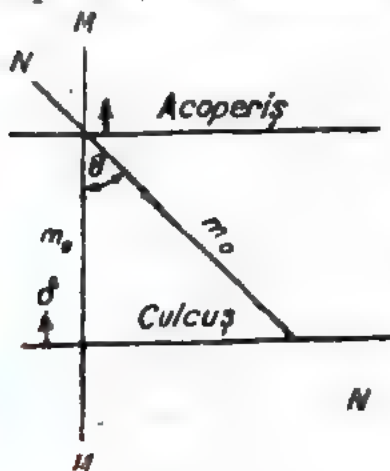


Fig. 129

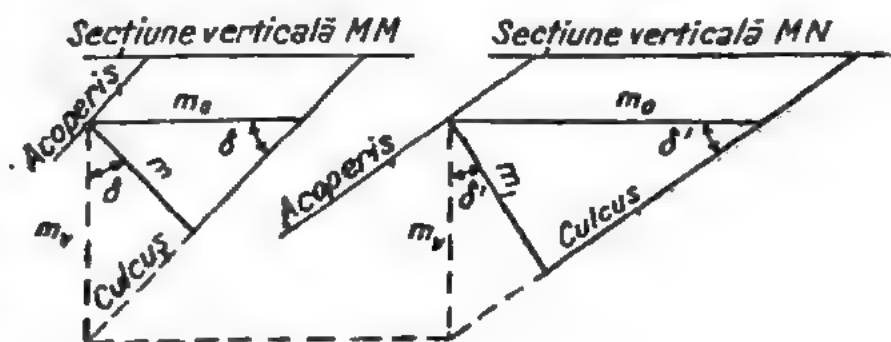


Fig. 130

Grosimea verticală a stratului m_v în ambele secțiuni este aceeași. Să se exprime prin m , m' și prin unghiurile corespunzătoare de înclinare δ și δ'

$$\left. \begin{aligned} m_v &= \frac{m}{\cos \delta} \\ m_v &= \frac{m'}{\cos \delta'} \end{aligned} \right\} \quad (a)$$

de unde

$$\frac{m}{\cos \delta} = \frac{m'}{\cos \delta'} \quad (b)$$

sau

$$m' = \frac{m \cos \delta'}{\cos \delta} \quad (3.1)$$

în care δ' este unghiul de înclinare al fâșiei în secțiunea verticală oblică. Valoarea unghiului δ' se obține ușor din următoarea relație simplă:

$$\operatorname{tg} \delta' = \operatorname{tg} \delta \cos \theta. \quad (3.2)$$

Rezultă că, pentru întocmirea planelor hipsometrice, în baza secțiunilor verticale, este necesar ca: 1. secțiunile verticale să se facă transversal pe direcția rocilor, sau 2. să se ia în considerație, după formula (3.1), majorarea distanței pe normală, în secțiunile oblice.

Uneori, mai ales atunci când unghiurile de înclinare sunt mici, este mai ușor să se folosească o altă formulă, care, în același timp, nu cere determinarea unghiului δ' prin formulă, și anume:

$$m' = \frac{m}{\sqrt{1 - \sin^2 \delta \sin^2 \theta}} \quad (3.3)$$

Metoda arătată, de trecere dela grosimea pe normale la distanță normală, în secțiunile verticale oblice, la construcția secțiunilor verticale, este ușor de efectuat, atunci când direcția rocilor între două secțiuni vecine este rectilinie.

În cazul unei așezări de roce complex cutate, această trecere se face mai greu, deoarece direcțiile în adâncime nu sunt aceleași,

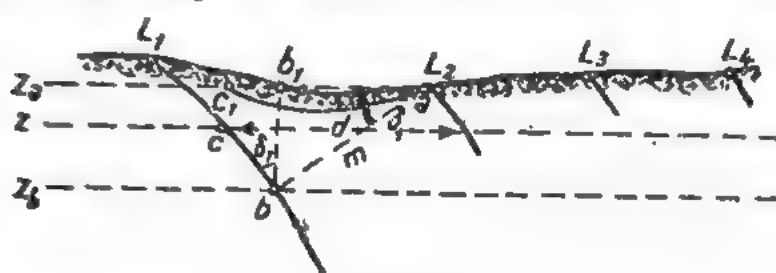


Fig. 131

ca direcțiile dela suprafață; deaceia, secțiunea verticală, construită la suprafață, rigid transversal pe direcție, poate intersecta stratele în adâncime, sub o direcție oblică. Rezultă că imposibilitatea efec-

tuării unui calcul prealabil al variației de direcție în adâncime face ca, în asemenea cazuri, rezolvarea problemei să devină aproximativă.

În cazul când, pentru întocmirea planurilor indicate, se folosesc deschiderile făcute cu lucrările minicre, metoda normalelor prezintă importanță prin faptul că înseși secțiunile servesc, nu numai pentru întocmirea planurilor, ci formează, în același timp, un material documentar necesar, privitor la structura zăcământului.

Pe lângă metoda grafică de construcție a normalelor, este posibilă și prelucrarea analitică a datelor inițiale. Fie în fig. 131 secțiunea verticală făcută transversal pe direcția stratelor L_1, L_2, L_3 , etc. Se duce normala m la stratul L_2 , în punctul a . Normala m va întâlni stratul inferior L_1 , în punctul b . Lungimea segmentului $ab = m$ este grosimea normală a rocilor cuprinse între stratele L_1 și L_2 . Din desen rezultă că ab_1 este proiecția orizontală a lui ab , adică punctul b_1 fixează în plan punctul b , care aparține stratului L_1 . Cota punctului b este ușor de determinat. Segmentul b_1b (fig. 131) reprezintă cota relativă a punctului a față de punctul b .

În cazul când cota punctului a este egală cu z_a , cota punctului b va fi:

$$z_b = z_a - \overline{b_1b},$$

segmentul

$$\overline{b_1b} = m \sin \delta_1,$$

în care δ_1 este unghiul de înclinare al normalei ab , care se determină din relația pentru grosimile normale și orizontale ale rocilor.

Rezultă:

$$z_b = z_a - m \sin \delta_1. \quad (3.4)$$

Rămâne să se reporteze pe plan punctul b . Pentru aceasta, trebuie să se ia din punctul a , spre culcușul stratului L_2 , segmentul $\overline{ab_1}$, normal la curba de nivel a stratului în acest punct. Mărimea $\overline{ab_1}$ este:

$$\overline{ab_1} = m \cos \delta_1. \quad (3.5)$$

Calculând succesiv o serie de puncte pe planul L_1 , în funcție de stratele L_2, L_3, L_4 , etc. și raportându-le pe plan, se va stabili relieful stratului L_1 , până la adâncimea dată. Pentru aceasta, se pot folosi, afară de punctele cunoscute de aflorare a stratului și alte părți cunoscute ale lui, așezate la diferite adâncimi.

Pentru construirea planului hipsometric al stratului se duc isohipsele, prin punctele raportate pe plan.

Punctele de aceeași cotă se pot obține nu numai prin interpolare grafică pe plan, ci și prin calcul.

Fie punctul c pe stratul L_1 (fig. 131) de cotă z , multiplu al secțiunii alese, a curbelor de nivel. Poziția punctului c pe plan se va determina, dacă pe curbele de nivel ale stratului L_2 , în punctul a spre stratul inferior L_1 , se ia normal segmentul $\overline{ac_1} = d$.

Mărimea lui se determină din următoarea relație:

$$d = \overline{ac_1} = \overline{ab_1} \pm \overline{b_1c_1} = m \cos \delta_1 \pm (z - z_b) \operatorname{tg} \delta_1, \quad (3.6)$$

în care z_b este cota punctului b , egală cu $z_a - m \sin \delta_1$ iar z este cota punctului c , așezat pe cea mai apropiată curbă de nivel a stratului L_1 , în punctul b .

Astfel, curba de nivel cea mai apropiată de punctul b se va determina din diferența $z - z_b$, a cărei valoare absolută nu poate fi mai mare decât jumătatea supraînălțării (echidistanța) dintre două curbe de nivel vecine.

În cazul când curba de nivel cea mai apropiată de punctul b se găsește sub acest punct, în formula (3.6) se ia semnul minus. Aceasta presupune că unghiul de înclinare al stratului, în punctele b și c , este același, deoarece suprafața topografică cuprinsă între două isolinii se consideră o suprafață liniară.

Toate calculele referitoare la determinarea punctelor asemănătoare cu c este mai ușor să fie aranjate într-o tabelă:

Nr. punctelor inițiale	Grosimea normală, m	Unghiul de înclinare δ_1	$\sin \delta_1$	$\cos \delta_1$	$m \sin \delta_1$	$m \cos \delta_1$	z_a	$z_a - z_b - m \sin \delta_1$	z	$z - z_b$	$\operatorname{tg} \delta_1$	$(z - z_b) \delta_1$	d
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Punctele cu aceeași cotă, reportate pe plan, după valorile obținute, se unesc printr-o curbă continuă isohipsă, și cu aceasta se definitivează construcția planului hipsometric.

Precizia insuficientă la determinarea unghiurilor de înclinare poate limita, uneori, aplicarea metodei.

Linia de afloriment a zăcământului cutat reprezintă linia de intersecție a suprafeței zăcământului cutat cu suprafața topografică a terenului. Rezultă că, pentru construcția ei, este suficient să se găsească punctele de intersecție ale curbelor de nivel identice ale suprafețelor indicate și să se unească cu o curbă continuă. Linia de intersecție a zăcământului de formă cutată cu orizontul propus pentru exploatare se determină prin isohipsa, având aceeași cotă cu orizontul.

La exploatarea descendentă a stratelor, stratele superioare sunt mai bine explorate prin lucrările miniere și mult mai devreme decât cele inferioare. În acest caz, planurile topografice miniere ale stratelor superioare permit întocmirea destul de precisă a secțiunilor și a planurilor topografice ale stratelor inferioare. Cele expuse mai sus rămân valabile cu condiția păstrării, pe distanțe destul de mari, a grosimilor normale.

§ 6. CONSTRUCȚIA PLANULUI HIPSOMETRIC AL STRATULUI CU AJUTORUL GRAFICULUI DE ASEMANARE¹

La variația lentă și regulată a distanței pe verticală între fâșiile formațiilor sedimentare cutate, planul hipsometric al suprafeței

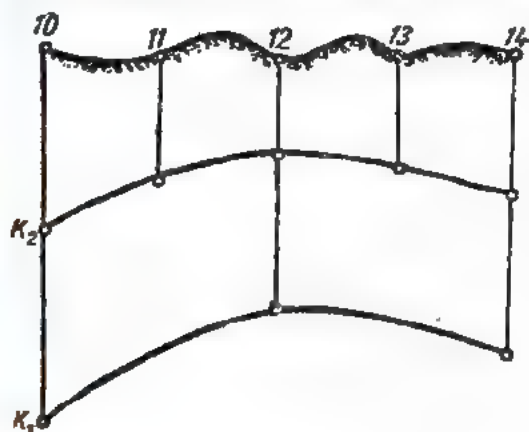


Fig. 132

stratului inferior se construiește după datele de explorare și cu ajutorul graficului (hărții) de asemănare. Această metodă a fost larg aplicată în studiul zăcămintelor petrolifere și constă în următoarele (18). Fie o serie de foraje executate în zăcământ la adâncime mică, cu care s'a deschis orizontul (stratul) K_2 și o serie de sonde la adâncime mare, cu care s'a deschis atât orizontul K_2 , cât și stratul inferior K_1 (fig. 132).

Problema constă în folosirea datelor mai detaliate de explorare a stratului superior K_2 , pentru determinarea formei de suprafață a stratului inferior K_1 . La baza construcției stau stratificațiile conforme

¹ N. R. Această metodă prezintă o urmare practică a legii de reciprocitate a prof. P. K. Sobolevski.

și aceleași condiții geologice de așezare a stratelor date. Întâi este necesar să se construiască graficul de asemănare, care nu este altceva decât planul isoliniilor distanțelor verticale între strate. Construcția acestui grafic se face astfel:

În plan (fig. 133) se trec sondele de adâncime mare, reprezentate în figură cu cerculețe pline, și lângă ele se trec valorile numerice ale distanțelor pe verticală între stratele K_2 și K_1 . Cu ajutorul lor

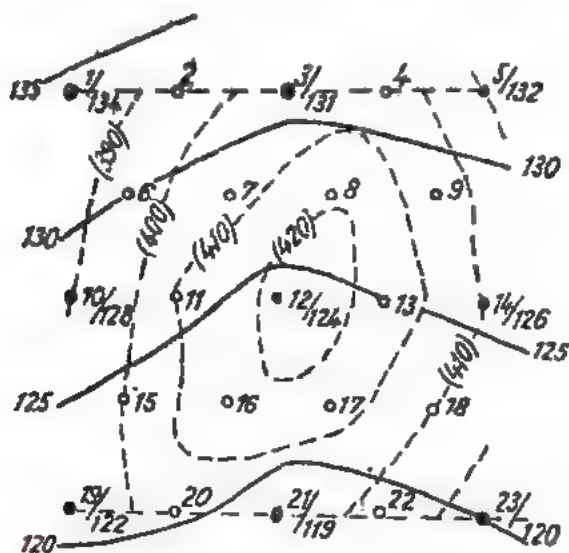


Fig. 133

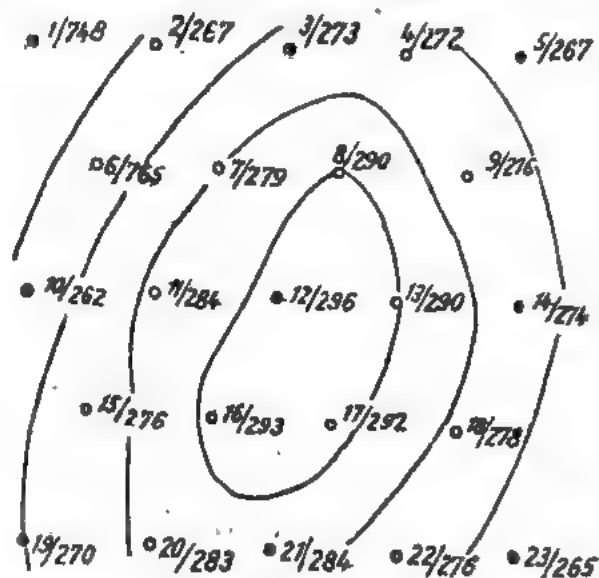


Fig. 134

se construiesc isoliniile. În fig. 133 s'au reprezentat astfel isoliniile 120, 125, 130, 135. Apoi se trec pe graficul de asemănare sondele de mică adâncime (cerculețe goale).

Folosind cotele punctelor de intersecție ale tuturor sondelor cu stratul K_2 (al cărui plan hipsometric este reprezentat punctat în în fig. 133) și graficul de asemănare, se determină în aceste puncte, cotele acoperișului stratului K_1 .

Calcularea cotelor se face cu relația:

$$z_{K_1} = z_{K_2} - H, \quad (3.7)$$

în care: z_{K_1} este cota punctului acoperișului (sau culcușului) stratului K_1 ;

z_{K_2} — cota punctului acoperișului (sau culcușului) stratului K_2 ;

H — distanța pe verticală între strate, în punctul dat.

Cotele z_{K_1} se iau din datele sondelor de adâncime mică, iar H , după graficul de asemănare.

După aceasta, pe un desen separat, se construiește planul pozițiilor tuturor sondelor (fig. 134). Lângă ele se trec valorile numerice pentru z_K și se trasează isohipsele acoperișului (sau culcușului) stratului K_1 .

Problema de construcție a planelor hipsometrice se va revedea, când se va expune metoda generală de geometrizare a zăcămintelor de substanțe minerale utile.

CAPITOLUL IV

DISLOCAREA STRATELOR (DISJUNCȚIILE)

§ 1. Observații generale și definiții

După cum rezultă din observațiile geologice și din practica exploatării zăcămintelor substanțelor minerale utile, stratele rocilor se dislocă după planele de minimă rezistență, în părți separate. În rocă, aceste plane se prezintă sub forma unui sistem de fisuri. După unele dintre ele, părțile separate din strat se deplasează, unele față de altele, la o distanță sau alta. Acest fenomen se numește deplasarea stratelor (rocilor). Deci, prin deplasarea rocilor se înțelege un deranjament în așezarea stratelor, după diverse sisteme de fisurări și fracturări, părțile fracturate deplasându-se una față de alta. În geologie, aceste deranjamente în așezarea stratelor se numesc dislocări disjunctive sau, mai simplu, disjuncții.

Capitolul de față se ocupă cu partea geometrică a acestei forme de așezare a stratelor, care stă în legătură cu explorarea și exploatarea zăcămintelor stratificate dislocate.

Condițiile și cauzele care au provocat dislocările și repartiția lor în structurile geologice sunt studiate la cursurile de geotehnică și stratigrafie.

Din practica bogată a explorării și a exploatării zăcămintelor carbonifere rezultă, că dislocările se întâlnesc peste tot, unde părțile scoarței terestre au fost supuse unor mișcări oarecare, independent de vârsta rocilor care compun aceste porțiuni. Peste tot unde există dislocări, acestea constituie factorul principal, uneori, hotărîtor, în mersul lucrărilor de explorare și de exploatare a zăcămintelor. Prezența dislocărilor constituie mai întîi de toate un factor de complicare a condițiilor de lucru. La explorarea unui sector sau câmp cu dislocări, trebuie îndesită rețeaua lucrărilor de explorare, pentru lămurirea caracteristicilor principale, cum și a detaliilor de dislocare. În multe cazuri, la precizarea condițiilor de exploatare, trebuie să se recurgă la lucrări de exploatare de probă, dacă nici gradul de intensitate mare al punctelor de explorare nu dă un răspuns satisfăcător.

În asemenea condiții, la proiectarea minelor se complică alegerea soluției deschiderii zăcămintului, a fixării limitelor câmpului minier

și a elementelor metodei de exploatare. La exploatarea zăcămintelor dislocate, de exemplu, la zăcămintele carbonifere, se întâlnesc permanent o serie de factori, care complică activitatea minei. Dintre acești factori se citează:

1. pierderea zăcământului (stratului) care se exploatează, fapt ce conduce, în multe cazuri, la o oprire forțată, pe timp îndelungat, a lucrărilor;

2. în zonele puternic tectonizate, rocele sunt supuse unor tensiuni potențiale, care, decașându-se în timpul săpării lucrărilor miniere, complică susținerea și întreținerea lucrărilor miniere;

3. în anumite condiții hidrogeologice, faliile servesc drept cale de acces a apei în spațiul escavat. S'au observat destule cazuri, când, în lucrările miniere, apa a apărut dintr'odată pe aceste căi, provocând adevărate catastrofe;

4. în unele condiții de așezare a zăcământului (sau a stratului), prezența deplasărilor face imposibilă exploatarea părții deplasate (aruncate), fără să se execute lucrări miniere capitale de deschidere;

5. în cele mai multe cazuri, dislocarea implică necesitatea executării lucrărilor noi de pregătire, în flancul dislocat;

6. pierderile de substanță minerală utilă, în zona dislocării și în sectoarele alăturate, ating proporții considerabile;

7. în sectoarele dislocate se observă reducerea calității substanței minerale utile, în urma diluării ei cu rocă sterilă.

Totalitatea factorilor expuși creează schimbarea bruscă a condițiilor, care aduce perturbații procesului tehnologic de exploatare, provoacă micșorarea timpului de lucru, înrăutățește condițiile de securitate a muncii și mărește prețul de cost la exploatarea substanței minerale utile.

Din cele expuse rezultă că dislocările complică condițiile de explorare și de exploatare a zăcămintelor.

Din această cauză, organizarea adecuată a serviciilor topografice și geologice prezintă o deosebită importanță la exploatarea minei. Dela acestea se cer:

- a) observații sistematice asupra aparițiilor de dislocări ale rocilor la suprafață, în lucrările miniere de explorare și de exploatare;
- b) documentarea obiectivă a observațiilor;
- c) prelucrarea loc la timpul oportun;
- d) folosirea completă a tuturor datelor de observații existente, la rezolvarea problemelor principale, care stau în legătură cu explorarea flancului dislocat și a lucrărilor proiectate în el.

Se va expune, în cele ce urmează, clasificarea proprietăților și a raporturilor geometrice, care caracterizează dislocările.

Dislocările observate sunt diferite și, în multe cazuri, complicate, după forma lor și după distribuția în structurile geologice.

Pentru stabilirea raporturilor și a proprietăților geometrice se va face abstracție de complicații și de diferențe de formă și se va insista numai asupra formelor elementare tipice.

Întâi se va analiza dislocarea stratelor pe porțiuni restrânse, în limita cărora se poate considera crăpătura de dislocare și părțile rupte ale fiecărui strat, ca suprafețe plane.

Crăpătura dislocării se numește falie.

Porțiunile stratului dislocate de falie se numesc flancuri.

Flancul stratului, situat în partea acoperișului (deasupra) faliei se numește flancul din acoperiș.

Flancul situat în partea culcușului (în jos) faliei se numește flancul din culcuș.

Flancul din care, pentru prima dată, se ajunge la falie se numește flancul dat. Flancul care este supus explorării după falie, se numește flancul căutat (deplasat, aruncat).

Deplasarea flancurilor în planul faliei poate fi: a) de translație, b) de rotație, c) combinată.

Se va analiza întâi primul caz de faliere, întrucât, în marea majoritate a cazurilor, explorarea flancului deplasat și trasarea lucrărilor miniere spre el, se bazează pe presupunerea că flancurile stratului au rămas paralele unul față de altul. Față de presupunerea de paralelism a deplasării de translație (regulate), trebuie să se admită, că forma cilindrică a suprafeței faliei este o formă generală mai corespunzătoare, iar forma plană a suprafeței faliei se poate considera ca o anumită generalizare geometrică.

Pentru a rezolva geometric falia, se va ține seamă de falierea unui strat (a zăcămintului). Raporturile geometrice obținute pentru el vor fi valabile și pentru celelalte strate faliat, în cazul paralelismului lor.

Astfel, dislocarea stratului sub raport geometric poate fi reprezentată sub forma a două plane paralele între ele, K' și K'' , intersectate de al treilea plan, planul de falie C (fig. 135, $a b$).

Liniile de intersecție S' , S'' ale planelor amintite fixează dispariția stratelor între un flanc și celălalt al faliei. Adeseori, ele se numesc linii de încrucișare. În cazul flancurilor paralele, aceste linii sunt paralele între ele.

Flancurile, falia și liniile de intersecție, componente ale dislocării, se numesc elementele dislocării.

Mărimile care caracterizează forma și poziția dislocării în spațiu se numesc elementele faliei. Aceste elemente sunt:

- a) elementele de direcție și înclinare ale flancurilor α , β ;
- b) elementele de direcție și înclinare ale faliei A , Δ ;
- c) elementele de direcție și înclinare ale liniilor de încrucișare (intersecție) α_0 , β_0 ;

- d) unghiul dislocării ν , ca unghi diedru format de flancul stratului și de falie, în partea deplăsării flancului;
- e) amplitudinea dislocării a ;
- f) coordonatele punctului, la care se raportează elementele mai sus arătate x, y, z .

Falia nu se prezintă ca o față plană, ci are totdeauna o grosime oarecare. Mai precis, drept plan al faliei trebuie considerat planul acoperișului sau al culcușului faliei.

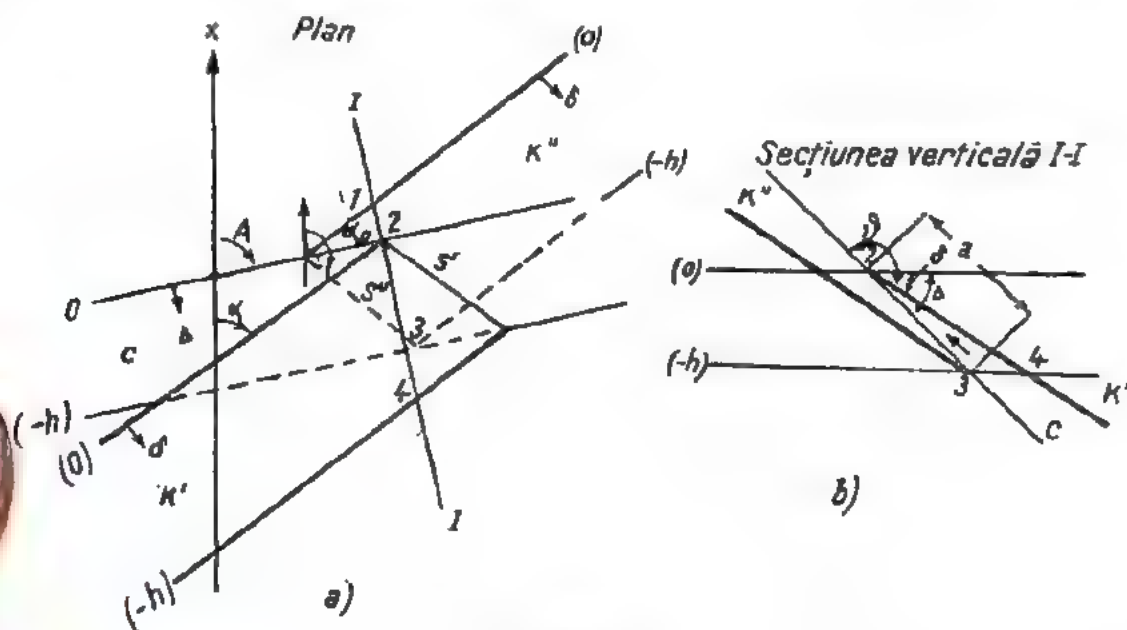


Fig. 135

Pentru aceasta, la elementele dislocării mai sus arătate, urmează să se adauge grosimea m a zonei de falierc. Această zonă este umplută adeseori prin roce sfărâmițate.

Din cele expuse, rezultă că elementele dislocării se exprimă prin mărimi unghiulare și liniare. Fiind legate între ele prin raporturi bine determinate, există posibilitatea ca, după valorile unor elemente, să se calculeze celelalte.

Metodele măsurării elementelor de plecare și ale determinării mărimilor căutate au fost arătate mai sus. În adovăr, la locul corespunzător s'a analizat rezolvarea unor astfel de probleme, ca: determinarea elementelor de direcție și înclinare ale planului, linia de intersecție (încrucișare) a două plane, unghiul dintre plane și alte probleme geometrice, referitoare la forme plane de așezare. Nu este necesar să fie repetate.

Precizia datelor de plecare permite aplicarea largă a metodei grafice în rezolvarea problemelor. Însă relațiile relativ simple dintre raporturile geometrice, proprii faliilor regulate, de translație, permit aplicarea și a metodei analitice, la determinarea mărimilor căutate.

Determinarea mărimilor unghiulare trebuie să se bazeze, în mare măsură, pe proiecțiile stereografice și liniare, iar rezolvarea problemelor geometrice, legate de găsirea mărimilor liniare, se face în proiecții cotate.

În toate cazurile interesează, în primul rând, distribuția faliilor în structurile geologice și formele în care ele apar.

La executarea lucrărilor miniere de explorare și de exploatare în sectoare dislocate, problema de fond constă în stabilirea sensului și a distanței de deplasare a unui flanc al stratului (zăcământului)

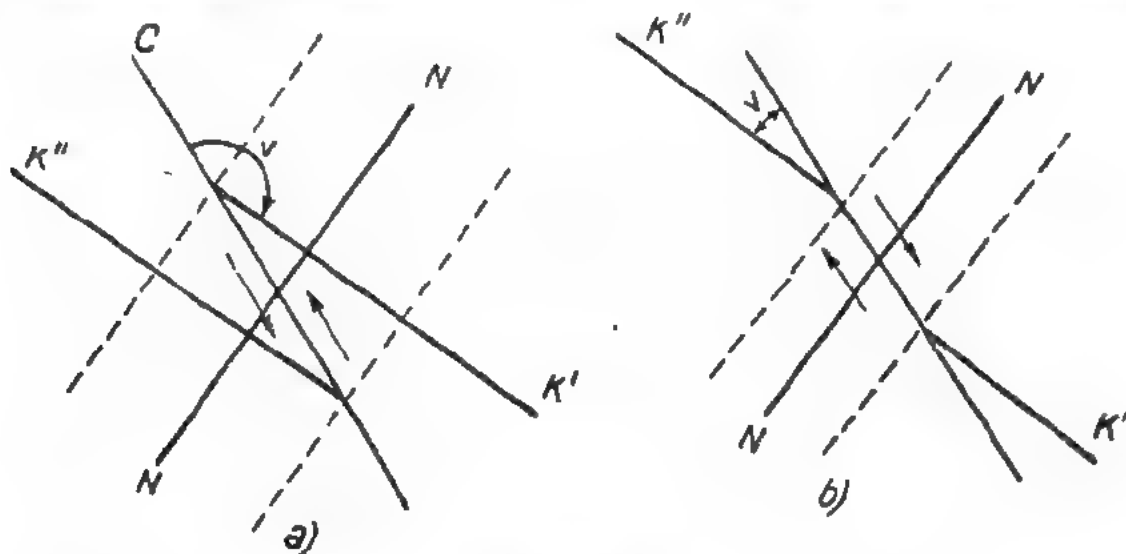


Fig. 136

față de celălalt, cum și în stabilirea condițiilor de executare a lucrărilor miniere. Totodată, raporturile geometrice, care rezultă din esența fenomenelor, pot prezenta un interes deosebit.

Ca date de reprezentare geometrică de plecare pentru condițiile de dislocare de translație regulată, se ia paralelismul flancurilor.

La întâlnirea faliei într-o serie de puncte din partea unui flanc, se prezintă posibilitatea să se stabilească raporturile unghiulare dintre falie și acest flanc, unghiul de falierie v și poziția liniei de încrucișare S (α_0, δ_0), necesare caracterizării dislocării întâlnite. În caz particular, în funcție de mărimea unghiului diedru v , în partea căruia s'a petrecut deplasarea, se pot deosebi două feluri de dislocare, cu unghi ascuțit sau obtuz, caracterizate printr'un indiciu important în practică, și anume prin prezența sau prin lipsa dublării stratului pe normală la flancurile stratului. Sub noțiunea dublării stratului după o direcție oarecare se înțelege posibilitatea de a întâlni stratul de două ori.

În fig. 136, a este reprezentată secțiunea dislocării printr'un plan perpendicular pe linia de încrucișare. În acest caz, apare o zonă cuprinsă între liniile punctate, unde stratul K se dublează după direcția NN , normală pe flancurile K' și K'' . Aici, flancurile s'au

deplasat unul față de celălalt, în partea unghiului diedru obtuz ν (arătat în secțiune în mărimea adevărată), adică avem cazul unei dislocări obtuze. Este ușor să se imagineze că dublarea stratului, față de flancurile lui, este caracteristică dislocațiilor obtuze.

Pentru tipul de falie dat, dublarea stratului va avea loc și în direcția cea mai favorabilă pentru plasarea lucrărilor miniere, adică orizontală și verticală.

În cazul unei deplasări relative a flancurilor K' și K'' spre unghiul ascuțit ν (fig. 136, b), lipsește dublarea stratului pe nor-

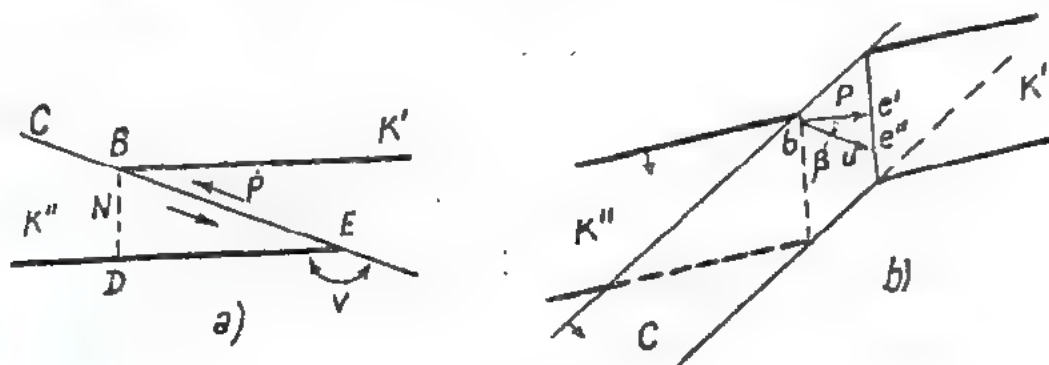


Fig. 137

mala NN ; rezultă că, pentru toate dislocările ascuțite, lipsește dublarea stratului pe normală. Lipsește, deasemenea, dublarea stratului după direcția orizontală și verticală. În general, în zona limitată de linia punctată, stratul lipsește.

Fig. 137, a reprezintă secțiunea dislocării într'un plan perpendicular pe linia de încrucișare. Latura \overline{BD} a triunghiului BDE este egală cu normala N între flancuri, care este componenta deplasării după normală. Latura $\overline{BE} = P$ este componenta deplasării în planul faliei, după direcția perpendiculară pe dreptele de încrucișare. Însemnând unghiul dislocării cu ν , raportul dintre N și P se obține din expresia:

$$P = \frac{N}{\sin \nu} \quad (4.1)$$

Direcția adevărată a deplasării poate fi orice direcție în planul faliei C . Numai într'un caz special, când deplasarea s'a petrecut după direcția perpendiculară pe liniile de încrucișare, P exprimă valoarea sa adevărată.

Direcția adevărată de deplasare se va stabili numai atunci când, pe suprafața plană a faliei (oginda de alunecare), sunt urme de alunecare, cu sgârieturi și striuri. Aceste urme de fricțiune nu se întâlnesc totdeauna. În majoritatea cazurilor, nu se poate stabili direcția adevărată de deplasare. În aceste cazuri, pentru caracte-

ristica dislocării, se folosește componenta de deplasare P , numită, adeseori, *direcția convențională de deplasare*.

Însă, dacă sunt cunoscute direcția adevărată de deplasare (fig. 137, *b*) și unghiul β , cuprins între P și u , atunci u se va exprima ușor prin P , N și v , și anume:

$$u = \frac{P}{\cos \beta} = \frac{P}{\sin v \cos \beta} \quad (4.2)$$

Pentru zăcămintele filoniene (metalifere) de substanțe minerale utile, determinarea direcției adevărate de deplasare, din cauza neomogenității zăcămintelor, prezintă o importanță mai mare, decât

pentru zăcămintele stratiforme (carbonifere). La zăcămintele de minereuri, oglinda de fricțiune este mai accentuată decât la cele carbonifere, ceea ce ușurează soluționarea problemei indicate.

În cele mai multe cazuri însă, este suficient să se cunoască mărimea deplasării după direcțiile caracteristice, normală, verticală și orizontală transversală față de direcția stratului (zăcământului), pentru ca să se poată determina mărimea deplasării după orice direcție.

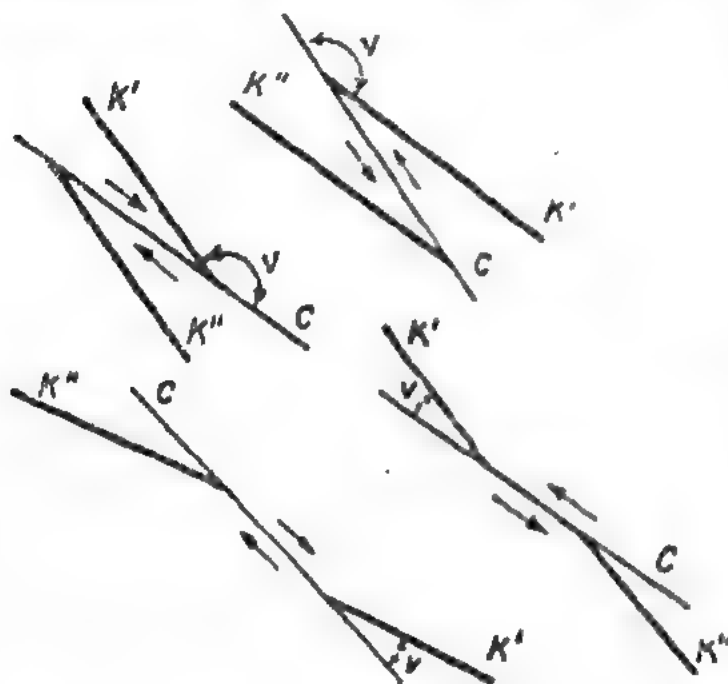


Fig. 138

În funcție de poziția relativă a liniilor de încrucișare, în planul faliei, se deosebesc falii *pozitive* și falii *negative*. Dacă linia de intersecție a flancului din acoperiș este situată mai jos decât linia de intersecție a flancului din culcuș, falia se numește convențional *pozitivă*, iar pentru poziția lor inversă, falia este *negativă*. Între ele, ca situația de trecere este falia *neutră*.

Pentru a lămuri cele expuse, se construiește secțiunea verticală transversal pe direcția faliei. La reprezentarea faliei în plan, raportarea ei la categoria faliei pozitive sau negative, se stabilește după poziția reciprocă a liniilor de încrucișare din planul faliei, sau după poziția în plan, a direcției convenționale de deplasare P .

Cum rezultă din fig. 138, unde sunt date secțiunile verticale a patru dislocări, făcute după înclinarea faliei, atât faliile pozitive, cât și cele negative pot fi sub unghi ascuțit sau obtuz.

Faliile intermediare, întro pozitive și negative, apar atunci când falia se găsește în plan orizontal și vertical, cum și în caz de paralelism al liniilor de încrucișare, la linia de înclinare a faliei.

Terminologia care se referă la falii este foarte variată. Termenii mai des folosiți și care caracterizează, în același timp, deplasarea relativă a flancurilor stratului sunt următorii:

- Falie de cădere*, când liniile de încrucișare sunt orizontale. Falia este pozitivă.
- Falie de împingere*, când liniile de încrucișare sunt orizontale. Falia este negativă.
- Falie direcțională*, când linia de încrucișare este paralelă cu linia de înclinare a faliei. Flancul din acoperiș este deplasat față de flancul din culcuș, după direcția faliei.

În cazul deplasării flancului din acoperiș în sensul opus direcției faliei, falia se numește de *supraalunecare*.

Faliile de cădere, de împingere, cele direcționale și supraalunecările se referă la faliile de limită, în sensul poziției liniilor de încrucișare, în planul faliei.

Faliile, în care liniile de încrucișare ocupă o poziție intermediară (diagonală) între direcția și înclinarea faliei, se numesc falii diagonale și reprezintă grupa cea mai numeroasă a faliilor pozitive și negative, care cuprinde aproape toate disjuncțiunile cercetate.

Dislocările diagonale pozitive se numesc *falii de cădere și de alunecare* (cădere-supraalunecare), iar cele negative, *falii de împingere și de alunecare* (împingere-supraalunecare).

§ 2. ELEMENTELE GEOMETRICE ALE FALIILOR (DISLOCĂRIILOR)

În elementele geometrice ale faliilor se cuprind: elementele de așezare ale stratului, ale faliei și ale liniilor de încrucișare, cum și unghiul de falierie și amplitudinea de deplasare a unui flanc față de celălalt, într'un sens sau în celălalt.

De obicei, datele de plecare sunt elementele de așezare ale stratului și ale faliei, iar cele căutate, restul celor enumerate. Se determină întâi elementele de așezare ale liniilor de încrucișare și unghiul falierii. Pentru determinarea amplitudinii și a formei de falierie, se cer lucrări de explorare complementare.

Pe fig. 139 sunt reprezentate proiecțiile stereografice ale stratului și ale faliei, după elementele lor de zăcământ ($\alpha = 112^\circ$; $\delta = 58^\circ$) și ($A = 75^\circ$, $\Delta = 65^\circ$). Se cere să se determine elementele geometrice (α_0 , δ_0) ale liniei de încrucișare S și mărimea unghiului diedru dintre planele care se intersectează, adică unghiul falierii ν .

Tangenta unghiului de direcție al dreptei se va exprima prin coeficientul unghiular al ei (b). și anume:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{\sin A \operatorname{tg} \Delta - \sin \alpha \operatorname{tg} \delta}{\cos A \operatorname{tg} \Delta - \cos \alpha \operatorname{tg} \delta}. \quad (c)$$

Luând diferența direcțiilor $A - \alpha = \theta$, expresia (c) devine:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_0 &= \frac{\sin \theta \operatorname{tg} \Delta}{\cos \theta \operatorname{tg} \Delta - \operatorname{tg} \delta} \\ \text{sau} \quad \operatorname{ctg} \alpha_0 &= \operatorname{ctg} \theta - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\sin \theta \operatorname{tg} \Delta} \end{aligned} \right\} \quad 4.3$$

Se determină unghiul de înclinare δ_0 al liniei de încrucișare față de orizont. Fie în fig. 140 linia de încrucișare S , conținută în planul stratului K , care are elementele geometrice α și δ . Unghiul ei de direcție este α_0 . Se ia diferența direcțiilor $\alpha_0 - \alpha = \theta$. Cum rezultă din fig. 140, unghiul de înclinare δ_0 al liniei de încrucișare se va exprima în funcție de unghiul de înclinare δ al stratului K și de unghiul θ prin următoarea relație

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{ctg} \delta_0 &= \frac{\operatorname{ctg} \delta}{\sin \theta} \\ \text{sau} \quad \operatorname{tg} \delta_0 &= \operatorname{tg} \delta \sin \theta. \end{aligned} \right\} \quad (4.4)$$

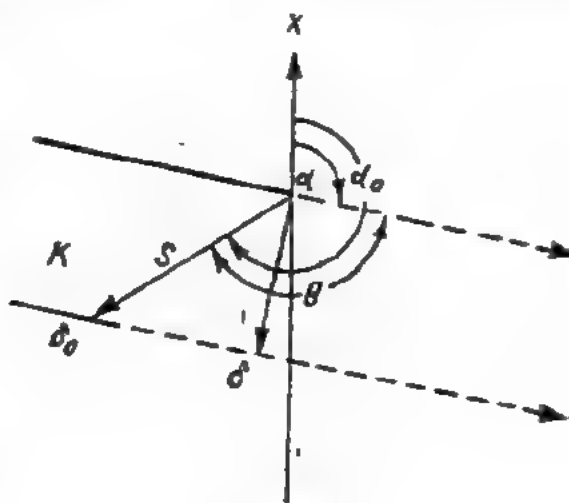


Fig. 140

Intrucât linia de încrucișare aparține, în același timp, stratului și faliei, pentru unghiul de înclinare δ_0 al liniei de încrucișare va fi valabilă și o altă relație, și anume:

$$\operatorname{tg} \delta_0 = \operatorname{tg} \Delta \sin \theta, \quad (4.5)$$

în care unghiul Δ este unghiul de înclinare al faliei, iar $\theta = \alpha_0 - \alpha$.

Unghiul falierii ν se determină în funcție de elementele de așezare ale stratului și ale faliei.

Din geometria analitică este cunoscut că unghiul dintre două plane, care se intersectează, se determină cu următoarea formulă:

$$\cos \nu = \frac{M_1 M_2 + N_1 N_2 + P_1 P_2}{\sqrt{(M_1^2 + N_1^2 + P_1^2)(M_2^2 + N_2^2 + P_2^2)}}$$

Înlocuind în formulă coeficienții M , N și P prin valorile lor din ecuațiile normale ale planelor, se obține:

$$\cos \nu = \frac{\sin A \sin \alpha + \cos A \cos \alpha + \operatorname{ctg} \Delta \operatorname{ctg} \delta}{\sqrt{(\sin^2 A + \cos^2 A + \operatorname{ctg}^2 \Delta)(\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha + \operatorname{ctg}^2 \delta)}}. \quad (a)$$

Luând diferența dintre direcția stratului și direcția faliei $\Delta = \alpha - \theta$ și făcând transformările corespunzătoare (a), se obține expresia finală următoare, pentru unghiul de falie ν :

$$\cos \nu = \sin \Delta \sin \delta \cos \theta + \cos \Delta \cos \delta. \quad (4.6)$$

Determinarea mărimii deplasării (amplitudinii) a unui flanc față de altul, după o direcție sau alta de dublare a stratului, se va analiza mai jos, cu ocazia expunerii problemei de trasare a lucrărilor miniere, spre partea deplasată a zăcămintului.

§ 3. CLASIFICAREA FALIILOR

În diferite perioade de timp s'au propus diverse clasificări ale faliilor, care se pot împărți în două grupe fundamentale, și anume: a) clasificare bazată pe criterii genetice, b) clasificare bazată pe criterii geometrice.

Felul mișcării, la care a fost supusă scoarța terestră, determină felul faliei. De exemplu, mișcările în urma cărora se formează cutările, creează, în cele mai multe cazuri, faliile de tipul supra-punerilor, în timp ce mișcările vibratorii provoacă deranjamente tectonice, cu ruperea continuității și depărtarea reciprocă a părților rupte; acestea, în general, se numesc falii de alunecare.

Astfel, clasificarea faliilor după criteriul genetic devine absolut necesară și reprezintă prima fază a observațiilor, în legătură cu studiul geologic al unui sector. Pentru rezolvarea problemelor mai concrete, care sunt în legătură cu explorarea de detaliu și cu exploatarea, caracteristica de calitate indicată, nu este suficientă.

Deaceia, la explorarea de detaliu și la exploatarea sectoarelor dislocate ale zăcămintelor, se va folosi clasificarea geometrică a faliilor. La baza acestei clasificări stau raporturile geometrice și proprietățile geometrice ale faliilor. Cel mai important rezultat al analizării lor este stabilirea direcției, mărimea deplasării relative a flancurilor și eventuala dublare a stratului.

Proprietățile și raporturile geometrice, care caracterizează o falie, se pun în evidență mai ușor din analiza încrucișării sau a intersecției a două plane, care apar la formarea fracturilor din scoarța terestră. Prin deplasarea relativă de translație ulterioară a părților dislocate ale stratului (flancurilor), încălecare se transformă în falie. Deaceia, la baza clasificării geometrice a faliilor trebuie puse, în primul rând, raporturile unghiulare dintre strat și fractură, adică raporturile unghiulare ale încrucișărilor.

Intersecția a două plane determinate prin elementele lor de așezare va fi caracterizată prin unghiul format de cele două plane și poziția față de orizont (sau față de verticală) a liniei de intersecție a planelor.

Această problemă a fost amănunțit cercetată, stabilindu-se raporturile geometrice, care caracterizează fenomenul faliiilor.

Lucrările publicate asupra acestei probleme în literatura străină și mai ales în cea germană, au un caracter scolastic foarte pronunțat. Este destul să se arate că nomenclatura faliiilor propusă de savanții germani include mii de tipuri de falii. În consecință, problema care este simplă sub aspect geometric, devine încurcată și complexă.

Savanții sovietici P. M. Leontovski, V. I. Bauman, P. K. Sobolevski și alții au pornit o luptă hotărâtoare împotriva scolasticeii mai sus menționate și în lucrările lor au soluționat problema, dând faliiilor o clasificare geometrică, simplă, corectă și ușor de înțeles.

În literatura sovietică s'a impus clasificarea lui P. M. Leontovski (24), V. I. Bauman (1), P. K. Sobolevski (37) și altele. Cea mai cunoscută este clasificarea lui V. I. Bauman, care se deosebește de celelalte,

prin simplitatea construcției geometrice și care evidențiază concluziile ce rezultă din analizarea proprietăților geometrice ale faliiilor și anume a dublării stratului dislocat, care interesează la trasarea lucrărilor miniere, spre flancul dislocat. Se va descrie, deci, pe larg această metodă, cu păstrarea notațiilor făcute de autor.

Toate formele de falie se deduc din formele corespunzătoare de încrucișare (intersecție) a două plane.

Pentru a deduce diferite forme de intersecții, se face rotirea unuia dintre plane în jurul liniei de intersecție a lui cu celălalt plan, care rămâne fix. În același timp, variază atât unghiul diedru dintre plane, cât și unghiul de direcție al planelor.

Fie dreapta de intersecție a planeilor, înclinată. Notând la rotirea indicată toate pozițiile caracteristice ale planului de rotație și completându-l cu pozițiile lui intermediare, se vor obține toate formele de intersecție înclinată.

Prin rotirea dreptei de intersecție în plan vertical, se găsesc ușor, din formule obținute de intersecția înclinată, formele lor corespunzătoare de intersecție orizontală (longitudinală) și verticală.

Rotind planul B (fig. 141) în jurul dreptei sale de intersecție cu planul A , se vor obține, pentru intersecții înclinate, următoarele poziții caracteristice ale planului de rotație:

1. coincidența planelor sau simplă suprapunere;

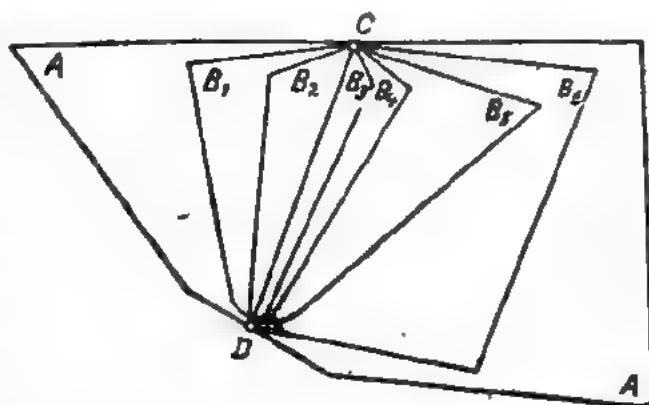


Fig. 141

2. planul B coincide cu planul vertical B_2 , dus prin linia de intersecție a planului înclinat cu planul vertical — limită între încrucișările cu căderi conforme și neconforme;

3. planul B ocupă poziția B_4 , perpendicular pe planul A , — intersecția rectangulară a două plane înclinate;

4. planul B ocupă poziția B_6 , perpendicular pe planul vertical B_2 , care trece prin dreapta de intersecție reprezentând cazul de intersecție a două plane înclinate, când linia de intersecție coincide cu linia de înclinare a unuia dintre plane — a doua limită între intersecțiile înclinate, conforme și neconforme.

Între pozițiile caracteristice ale intersecțiilor înclinate arătate se situează toate celelalte cazuri. Astfel, între pozițiile dela cazurile 1 și 2 se găsesc toate pozițiile B_1 ale planului în rotație, care formează cu planul A , intersecția înclinată conformă. Între cazurile 2 și 3 se situează pozițiile B_3 ale planului în rotație, care formează cu planul A , intersecțiile înclinate neconforme cu unghi ascuțit, iar între cazurile 3 și 4 sunt cuprinse pozițiile B_5 ale planului în rotație, care dă cu planul A , intersecțiile obtuze înclinate neconforme. Sub unghiul de intersecție a două plane se înțelege acela dintre cele două unghiuri adiacente, a cărui înclinare a laturilor este îndreptată către linia de intersecție, sau în sens invers.

După poziția B_6 , la o rotație ulterioară a planului B , se va obține forma intersecției înclinate, conforme, care este asemănătoare cu forma intersecției planului B_1 cu planul A , cu deosebire că aici unghiul de înclinare al planului în mișcare va fi mai mic decât unghiul de înclinare al planului A . Deaceia, nu este necesar să fie analizat ca o formă separată.

Urmează că poziția planului B_6 trebuie privită ca poziția limită a planului în mișcare, unde încetează rotirea sa.

Deasemenea, nu are sens să fie considerat ca o formă separată, — cazul când direcțiile planelor, care se intersectează, sunt perpendiculare una pe alta, deoarece acest caz, în esență, nu este diferit de celelalte intersecții obtuze înclinate, neconforme.

Este cazul să se considere ca o formă independentă de intersecție, intersecția planului vertical B_2 cu planul perpendicular pe el B_6 , a cărui linie de înclinare coincide cu linia de intersecție.

Eliminând primul caz de intersecție (suprapunerea simplă a planelor) se vor obține astfel șapte cazuri de intersecții înclinate (fig. 141).

1. intersecțiile înclinate, conforme, ale planului B_1 , cu planul A ;
2. intersecția planului vertical B_2 cu planul înclinat A ;
3. intersecțiile înclinate, neconforme, de unghi ascuțit, ale planului B_3 cu planul A ;
4. intersecțiile înclinate, neconforme, rectangulare, ale planului B_4 cu planul A ;

5. intersecțiile înclinate, neconforme, obtuze, ale planului B_5 cu planul A ;

6. cazul limită de intersecție a planului B_6 cu planul A , astfel că linia de intersecție coincide cu linia de pantă a planului B_6 ;

7. forma specială de intersecție a planului vertical B_2 , cu planul înclinat B_6 , perpendicular pe B_2 .

După cum s'a amintit mai sus, prin rotirea liniei de intersecție în plan vertical, din fiecare caz de intersecție înclinată se obține cazul corespunzător de intersecție orizontală. Prin aceasta, unghiul format de direcțiile planelor, care se intersectează, se micșorează și pentru poziția orizontală a liniei de intersecție, devine egal cu 0° .

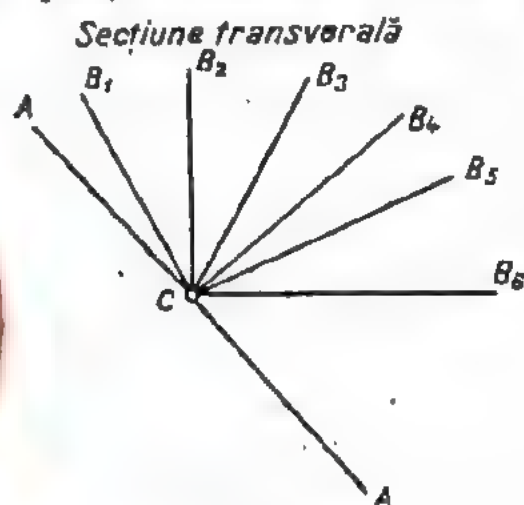


Fig. 142

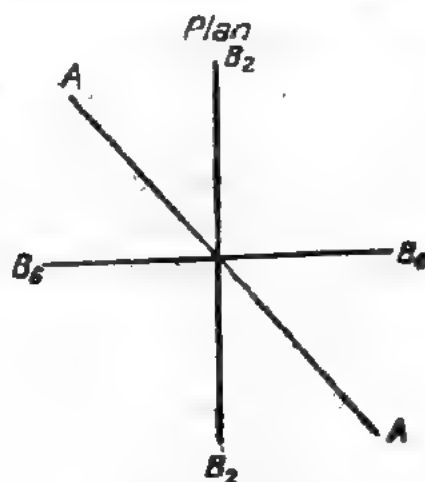


Fig. 143

Din cele șapte forme de intersecție înclinată se obțin pe această cale, următoarele șapte cazuri de intersecție orizontală (fig. 142).

1. intersecțiile conforme, înclinate, ale planului B cu planul A ;
2. intersecția planului vertical B_2 cu planul înclinat A ;
3. intersecțiile înclinate, neconforme, de unghi ascuțit, ale planului B_5 cu planul A ;
4. intersecția neconformă, rectangulară, a planului B_1 cu planul A ;
5. intersecțiile înclinate obtuze, neconforme, ale planului B_5 cu planul A ;
6. intersecția planului înclinat A cu planul orizontal B_6 ;
7. forma specială de intersecție rectangulară a planului vertical B_2 cu planul orizontal B_6 .

Vor fi numai două forme deosebite de intersecții verticale și anume (fig. 143):

1. intersecția verticală cu unghi ascuțit a planului B_2 cu planul A , din forma a doua a intersecțiilor înclinate și
2. intersecția verticală rectangulară a planului B_2 cu planul B_6 , din forma specială a intersecțiilor înclinate. Prin urmare, rezultă în total 16 forme de intersecții.

După clasificarea prof. P. M. Leontovski (24), se deosebesc 38 de forme de intersecții, obținute prin rotirea planului mobil în jurul liniei de intersecție, după un cerc întreg, ceea ce nu este absolut necesar, căci, pentru intersecții înclinate, nu se ia unghiul diedru, ci unghiul format de direcțiile planelor. Totuși, analiza geometrică a deplasărilor, făcută de P. M. Leontovski, este fundamentală (24) și prezintă importanță, prin faptul că examinează critic metodele grupării falilor după criterii geometrice, răspândite în literatura din străinătate, care complică problema pusă și dă o soluție proprie mai simplă și precisă a problemei. Cea din urmă a fost perfecționată de către V. I. Bauman, în lucrarea care se va analiza mai jos.

Raportarea terminologiei intersecțiilor sub unghi ascuțit, drept și obtuz, numai față de unghiul diedru dintre planele intersectante, permite să se păstreze unitatea terminologiei pentru toate formele de intersecții orizontale înclinate și verticale.

Noțiunea de intersecții înclinate, conforme și neconforme, se bazează pe poziția planelor, care se intersectează în cadranele formate de planul vertical B_2 și planul înclinat B_6 , perpendicular pe el. Planele B_2 și B_6 , prin intersecția lor, dau patru unghiuri diedre drepte. Intersecția se numește conformă înclinată, când ambele plane intersectante trec prin două unghiuri diedre opuse și neconformă înclinată, dacă aceste plane trec prin unghiuri diedre adiacente.

Din formele enumerate de intersecție, se deduc formele de falii corespunzătoare, prin deplasarea unui plan intersectat în planul faliei, după direcția celei mai scurte distanțe dintre liniile de încrucișare.

Din primele șase forme de intersecții orizontale se obțin următoarele șapte forme de falii pozitive, în sensul liniei de înclinare a faliei (faliile de cădere propriu zise, fig. 144):

1. falia de cădere obtuză, conformă, a planului înclinat B_1 pe planul A (fig. 144, a);

2. falia de cădere obtuză a planului vertical B_2 pe planul A (fig. 144, b);

3. falia de cădere obtuză, neconformă, a planului înclinat B_3 pe planul A (fig. 144, c);

4. falia de cădere rectangulară, neconformă, a planului înclinat B_4 pe planul A (fig. 144, d);

5. falia de cădere de unghi ascuțit, neconformă, a planului înclinat B_5 pe planul A (fig. 144, e);

6. falia de cădere de unghi ascuțit a planului orizontal B_6 pe planul A (fig. 144, f);

7. falia de cădere de unghi ascuțit, conformă, a planului A pe planul B_1 (fig. 144, g).

Toute celelalte intersecții, afară de prima dintre intersecțiile orizontale, prin mișcarea planului A după un alt plan de intersecție, nu pot da alte forme de falii.

Astfel, din formele 3, 4 și 5, prin mișcarea planului A după planele B_3 , B_4 și B_5 , se obțin aceleași forme de falii, adică cu unghiuri ascuțite drepte și obtuze, enumerate mai sus. Prin mișcarea planelor A și B_6 pe planul vertical, se obțin forme deosebite de falii pozitiv-negative, despre care se va vorbi mai jos. În sfârșit, prin mișcarea planelor A și B_2 pe planul orizontal B_6 , se obține, deasemenea, o grupă deosebită de falii, despre care se va trata în cele ce urmează.

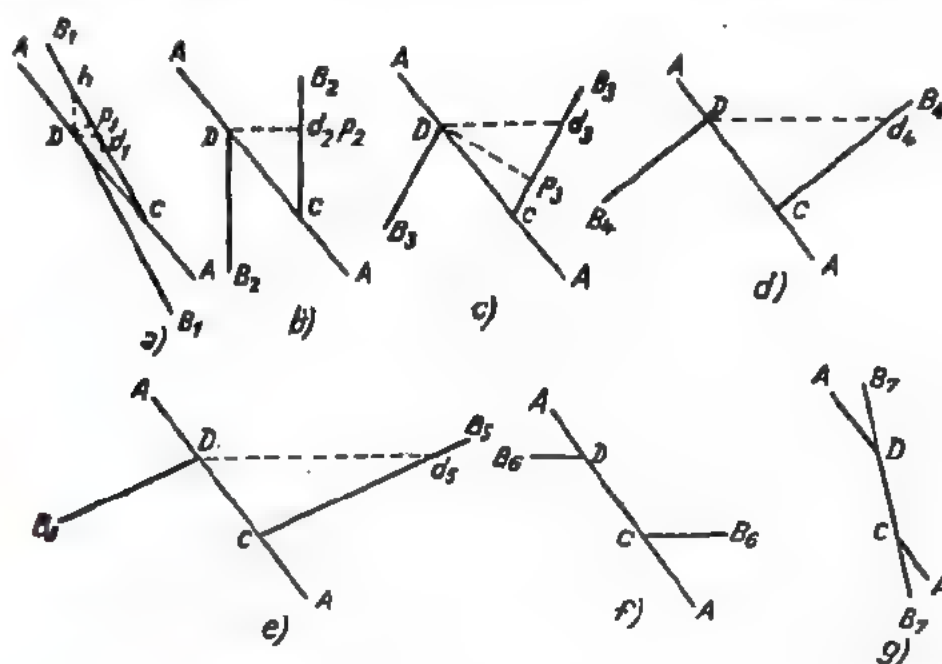


Fig. 144

Faliile enumerate mai sus se aranjează într'o ordine determinată (descrescândă), conform numărului direcțiilor caracteristice, după care se dublează stratul. În secțiunile din fig. 144, direcțiile arătate, după care se dublează stratul, sunt evidente, astfel încât nu are sens să fie enumerate.

În mod analog, prin deplasarea flancului din acoperișul stratului, în sensul ascendent, al faliei, se obțin, din aceleași șase forme de intersecții orizontale, următoarele șapte forme de falii negative, în sensul ascendent, al faliei (de supracădere propriu zise, fig. 145):

1. falia de supracădere de unghi ascuțit, conformă, a planului B_1 pe planul A (fig. 145, a);
2. falia de supracădere de unghi ascuțit a planului vertical B_2 pe planul A (fig. 145, b);
3. falia de supracădere de unghi ascuțit neconformă, a planului B_3 pe planul A (fig. 145, c);

4. falia de supracădere rectangulară, neconformă, a planului B_1 pe planul A (fig. 145, *d*);

5. falia de supracădere obtuză, neconformă, a planului B_5 pe planul A (fig. 145, *e*);

6. falia de supracădere obtuză a planului orizontal B_6 pe planul A (fig. 145, *f*);

7. falia de supracădere obtuză, conformă a planului A pe planul B_1 (fig. 145, *g*).

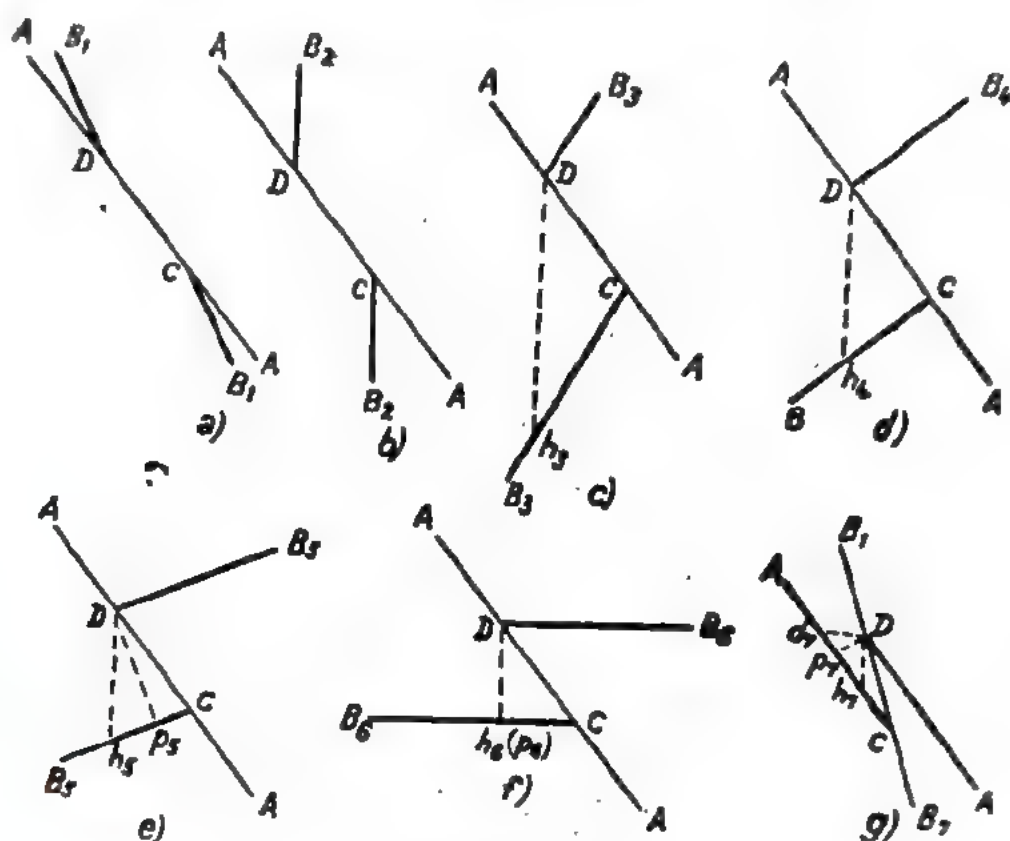


Fig. 145

Cum rezultă din fig. 145, faliile negative arătate se aranjează într-o ordine determinată crescândă, după numărul de direcții caracteristice, după care se dublează stratul.

Din formele 2 și 7, de intersecții orizontale, se obțin următoarele trei forme de falii pozitiv-negative, după sensul liniei de cădere a faliei verticale (falie de cădere și de supracădere, fig. 146):

1. falia de cădere și de supracădere obtuză a planului înclinat A pe planul vertical B_2 (fig. 146, *a*);

2. falia de cădere și de supracădere rectangulară a planului orizontal B_6 pe planul vertical B_2 (fig. 146, *b*);

3. falia de cădere și de supracădere de unghi ascuțit al planului înclinat A pe planul vertical B_2 (fig. 146, *c*).

Din intersecțiile înclinate arătate, se obțin falii diagonale, pentru care distanța de deplasare cea mai scurtă (pe perpendiculara dintre

liniile de încrucișare) a flancului stratului din acoperiș ocupă poziția diagonală, în planul faliei.

La coborîrea flancului stratului din acoperiș se obțin următoarele falii pozitive diagonale de cădere și de alunecare:

1. falia de cădere și de alunecare obtuză a planului B_1 pe planul A ;
2. falia de cădere și de alunecare obtuză a planului vertical B_2 pe planul A ;
3. falia de cădere și de alunecare obtuză, neconformă, a planului B_3 pe planul A ;
4. falia de cădere și alunecare rectangulară a planului B_1 pe planul A ;
5. falia de cădere și de alunecare de unghi ascuțit, neconformă, a planului B_3 pe planul A ;

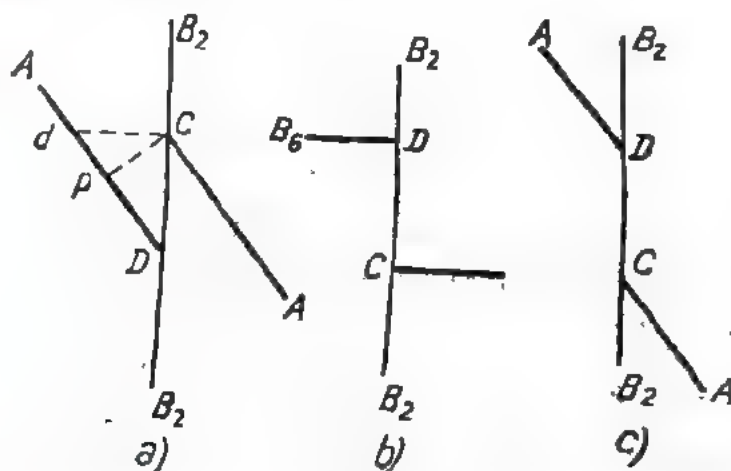


Fig. 146

6. falia de cădere și de alunecare de unghi ascuțit a planului B_3 , a cărei direcție este perpendiculară pe linia de intersecție, pe planul A ;

7. falia de cădere și de alunecare de unghi ascuțit, conformă a planului A pe planul B_1 .

La ridicarea flancului stratului din acoperiș se obțin următoarele falii negative diagonale:

1. falia de supracădere și de supraalunecare conformă de unghi ascuțit, a planului B pe planul A ;

2. falia de supracădere și de supraalunecare de unghi ascuțit a planului vertical B_2 pe planul A ;

3. falia de supracădere și de supraalunecare neconformă, de unghi ascuțit, a planului B_3 pe planul A ;

4. falia de supracădere și de supraalunecare neconformă, rectangulară, a planului B_4 pe planul A ;

5. falia de supracădere și de supraalunecare neconformă, obtuză, a planului B_5 pe planul A ;

6. falia de supracădere și de supraalunecare obtuză a planului B_6 , a cărei direcție este perpendiculară pe linia de încrucișare pe planul A ;

7. falia de supracădere și de supraalunecare conformă, obtuză, a planului A pe planul B_1 .

Formele faliilor diagonale, în interiorul fiecărei grupe, se aranjează la fel ca în celelalte grupe corespunzătoare de falii, cu liniile orizontale de intersecție, după numărul direcțiilor (sensurilor), după care se dublează stratul, adică în grupa faliilor diagonale pozitive, în ordine descrescândă, iar în grupa faliilor diagonale negative, în ordine crescândă.

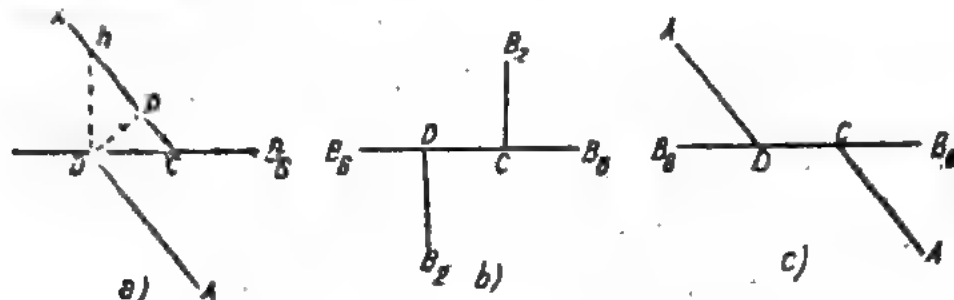


Fig. 147

Faliile diagonale pozitiv-negative (faliile de cădere și de alunecare sau falii de supracădere și de supraalunecare) dau în planul vertical al faliei următoarele trei forme:

1. falia de cădere și de alunecare sau de supracădere și de supraalunecare obtuză a planului A , pe planul vertical B_2 ;

2. falia de cădere și de alunecare sau de supracădere și de supraalunecare rectangulară a planului B_6 , pe planul vertical B_2 ;

3. falia de cădere și de alunecare sau de supracădere și de supraalunecare de unghi ascuțit a planului A , pe planul vertical B_2 .

Dublarea planului pentru această grupă este reprezentată în fig. 146.

În sfârșit, din formele 6 și 7 ale intersecțiilor orizontale și înclinate, cum și din două forme de intersecții verticale, prin deplasarea flancului din acoperiș al planelor A și B_2 , pe direcția planului B_6 , și a planelor A și B_6 , pe direcția planului B_2 se obțin nouă forme de falii pozitiv-negative direcționale (alunecări sau supraalunecări propriu zise). Acestea sunt:

A. *Faliile direcționale pozitiv-negative în planul orizontal al faliei* (fig. 147):

1. falia de alunecare și de supraalunecare obtuză a planului înclinat A , pe planul orizontal B_6 (fig. 147, a);

2. falia de alunecare și de supraalunecare rectangulară a planului vertical B_2 , pe planul orizontal B_6 (fig. 147, b);

3. falia de alunecare și de supraalunecare de unghi ascuțit a planului înclinat A , pe planul orizontal B_6 (fig. 147, c).

B. *Faliile direcționale pozitiv-negative în planul înclinat al faliei:*

1. falia de alunecare și de supraalunecare obtuză a planului înclinat A , pe direcția planului B_3 ;

2. falia de alunecare și de supraalunecare rectangulară a planului vertical B_2 , pe direcția planului B_3 ;

3. falia de alunecare și de supraalunecare de unghi ascuțit a planului înclinat A , pe direcția planului B_3 .

Dublarea stratului pentru formele de falii în grupele A și B este reprezentată în fig. 147.

C. *Faliile direcționale pozitiv-negative în planul vertical al faliei* (fig. 148):

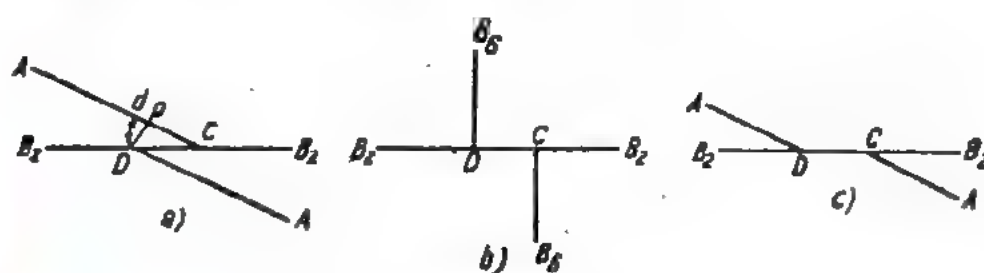


Fig. 148

1. falia de alunecare și de supraalunecare obtuză a planului vertical A , pe direcția planului vertical B_2 (fig. 148, a);

2. falia de alunecare și de supraalunecare rectangulară a planului vertical B_3 , pe direcția planului vertical B_2 (fig. 148, b);

3. falia de alunecare și supraalunecare de unghi ascuțit a planului vertical A , pe direcția planului vertical B_2 (fig. 148, c).

Direcțiile, după care se dublează stratul pentru formele de falii din grupa dată, sunt reprezentate în fig. 148.

Astfel, după clasificarea geometrică a prof. V. I. Bauman, sunt $17 + 17 + 9 = 43$ de forme independente de falii, cuprinse în interiorul grupelor stabilite, aranjate în serii, conform cu caracterului lor. Clasificarea de mai sus prezintă o mare importanță pentru trasarea lucrărilor miniere spre flancul deplasat al stratului (zăcămintului).

După clasificarea prof. Leontovski, se numără 71 de forme de falieri.

Arătând clasificarea faliilor regulate de translație, după prof. Bauman, nu se poate omite problema analizată de el a lungimii relative a lucrărilor miniere de explorare, după direcțiile importante pentru săparea lor (orizontală, verticală și normală față de flancurile stratului).

La determinarea lungimii relative a lucrărilor miniere de explorare, după diferite direcții, se ia, ca mărime de bază, distanța cea

mai scurtă l dintre liniile de intersecție în planul faliei, numită de autorul clasificării „mărimea adevărată” a deplasării faliei.

Se va analiza problema, în cazul faliilor cu liniile de intersecție orizontale.

În fig. 149 este reprezentată secțiunea transversală a intersecțiilor orizontale, unde mărimea adevărată a faliei $DC = l$ se numește înălțimea de cădere (aruncare). Ea poate fi descompusă în două componente:

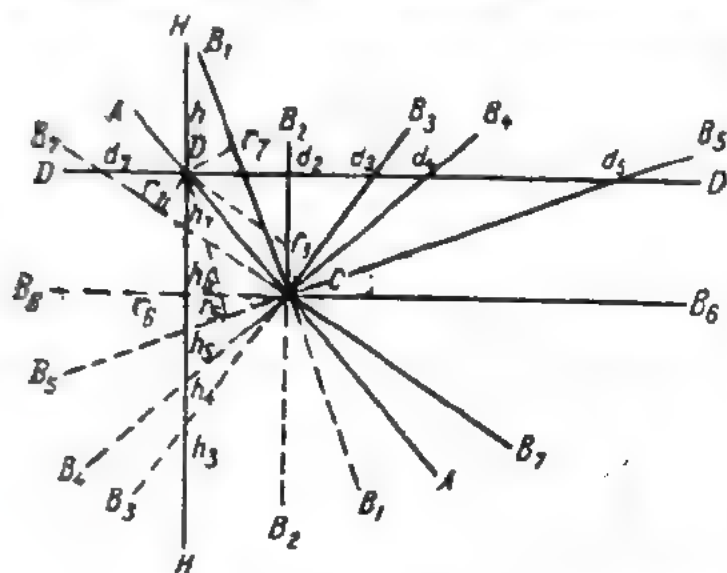


Fig. 149

1. componenta verticală $Dh_1 = h = l \sin \delta_1$, numită înălțimea verticală a deplasării faliei de cădere (aici δ_1 este unghiul de cădere al faliei), și

2. componenta orizontală $Dd_1 = b = l \cos \delta_1$, care este lățimea faliei de cădere.

Aici, punctele C și D caracterizează poziția în

secțiune a liniilor de intersecție. Dreptele pline CB_1, CB_2, \dots, CB_7 , sunt urmele planelor flancurilor din acoperișul stratului, pentru faliile de cădere, iar prelungirea lor (liniile punctate) sunt urmele planelor flancurilor din culcușul stratului, pentru faliile de supracădere. Astfel, fig. 149 se poate considera ca o secțiune transversală a tuturor cazurilor enumerate mai sus pentru cele 14 forme de falii de cădere și de supracădere.

Construind pentru punctul D direcția orizontală DD' , verticala HH' și distanțele cele mai scurte după direcțiile Dr_1, Dr_2, \dots, Dr_7 la planul stratului lucrărilor de explorare, și prelungind aceste direcții până la intersecția cu planul stratului, se vor determina lungimile lucrărilor de explorare, pe cale grafică:

$$D = \overline{Dd_1}, \overline{Dd_2}, \dots, \overline{Dd_7};$$

$$H = \overline{Dh_1}, \overline{Dh_2}, \dots, \overline{Dh_7};$$

și

$$P = \overline{Dr_1}, \overline{Dr_2}, \dots, \overline{Dr_7}.$$

Notând cu δ unghiul de înclinare al stratului și cu $\nu = \delta - \delta_1$ sau $\nu = 180^\circ - (\delta + \delta_1)$ unghiul dintre străt și falie, lungimea lucrărilor de explorare are valoarea:

$$P = l \sin \nu = l \sin (\delta \mp \delta_1) \quad (4.7).$$

după direcția cea mai scurtă, perpendiculară pe planul stratului:

$$D = h (\operatorname{ctg} \delta \pm \operatorname{ctg} \delta_1) = l \frac{\sin (\delta \pm \delta_1)}{\sin \delta} \quad (4.8)$$

după direcția orizontală și

$$H = -b (\operatorname{tg} \delta_1 \mp \operatorname{tg} \delta) = -l \frac{\sin (\delta_1 \mp \delta)}{\cos \delta} \quad (4.9)$$

după direcția verticală.

Semnul din paranteză (—) se ia pentru falii conforme și (+) pentru cele neconforme.

Pentru D și H semnul este comun, și anume: pozitiv, pentru falii de cădere, și negativ, pentru falii de supracădere, ceea ce indică direcția lucrărilor de explorare, înspre culcușul sau acoperișul faliei.

Semnul lui P , pentru falii de cădere și de supracădere conforme, se ia pozitiv pentru primele, și negativ pentru ultimele. Pentru faliile neconforme, semnul lui P este, totdeauna, pozitiv, și pentru determinarea direcției lucrării miniere trebuie să se țină seamă de prezența sau de lipsa dublării stratului.

Pentru faliile pozitiv-negative ale acestei grupe, mărimile P , D și H , în planul vertical al faliei, se vor calcula corespunzător (pentru $\delta_1 = 90^\circ$) din următoarele expresii:

$$\left. \begin{aligned} P &= l \sin (\delta \mp 90^\circ) = \mp l \cos \delta; \\ D &= l \frac{\sin (\delta \mp 90^\circ)}{\sin \delta} = \mp l \operatorname{tg} \delta; \\ H &= l \frac{\sin (90^\circ \mp \delta)}{\cos \delta} = \mp l. \end{aligned} \right\} \quad (4.10)$$

Dacă pentru faliile diagonale se construiește secțiunea normală, aceasta va fi analoagă cu secțiunea reprezentată în fig. 149, deosebindu-se numai prin faptul că planul secțiunii nu este vertical, ci înclinat față de orizont cu unghiul de $90^\circ - \delta_0$, unde δ_0 este unghiul de înclinare al liniilor de intersecție.

Exprimând prin δ_1' și δ' unghiurile de înclinare față de orizont, ale urmelor faliei A și ale planelor B_1, B_2, \dots, B_7 în planul secțiunii, se obțin următoarele expresii, pentru lungimile lucrărilor miniere de explorare:

a) distanța cea mai scurtă după perpendiculară față de planul stratului (zăcământului)

$$P = l \sin \nu = l \sin (\delta' \mp \delta_1'); \quad (4.11)$$

b) distanța cea mai scurtă în planul secțiunii perpendiculară pe linia de intersecție

$$H' = -l \frac{\sin (\delta_1' \mp \delta')}{\cos \delta'}; \quad (4.12)$$

c) după direcția orizontală în planul secțiunii

$$D' = l \frac{\sin(\delta' \mp \delta'_1)}{\sin \delta'} \quad (4.13)$$

În aceste relații, l reprezintă distanța pe perpendiculară dintre liniile de intersecție, mărimea înclinată a faliei. Semnul din paranteză și semnul comun pentru P , D' și H' au aceeași semnificație ca și pentru falii, după linia de înclinare a acestora.

Din lungimile lucrărilor miniere, determinate cu formulele (4.11), (4.12) și (4.13), numai P are valoare directă, pentru faliile diagonale.

H' , fiind perpendicular pe linia de intersecție, are în spațiu o înclinare față de orizont sub unghiul $(90^\circ - \delta_0)$, unde δ_0 este unghiul de înclinare al liniei de intersecție. D' , pentru faliile diagonale, dă distanța orizontală cea mai scurtă după direcția transversală pe direcția stratului. Însemnând cu δ_0 unghiul de înclinare al liniei de intersecție și cu β unghiul dintre proiecția liniei de intersecție și proiecția liniei de direcție a stratului, se găsesc lungimile lucrărilor miniere de explorare verticale și orizontale, transversal față de direcția stratului, și anume:

$$\text{și} \quad \left. \begin{aligned} H &= \frac{H'}{\cos \delta_0} \\ D &= D' \cos \beta \end{aligned} \right\} \quad (4.14)$$

Pentru faliile diagonale pozitiv-negative, unde în planul vertical al faliei unghiul $\delta'_1 = 90^\circ$, lungimile corespunzătoare ale lucrărilor miniere de explorare se obțin din relațiile:

$$\left. \begin{aligned} P &= l \sin(\delta' \mp 90^\circ) = \mp l \cos \delta'; \\ D' &= l \frac{\sin(\delta' \mp 90^\circ)}{\sin \delta'} = \mp l \operatorname{ctg} \delta'; \\ H' &= -l \frac{\sin(90^\circ \mp \delta')}{\cos \delta'} = \mp l; \\ H &= \frac{H'}{\cos \delta_0} = \mp \frac{l}{\cos \delta_0}; \\ D &= D' \cos \beta = \mp l \operatorname{ctg} \delta' \cos \beta. \end{aligned} \right\} \quad (4.15)$$

Pentru falierile după direcția faliei (faliile direcționale), planul perpendicular pe liniile de intersecție trece prin linia de direcție a faliei, adică $\delta'_1 = 0^\circ$, iar liniile de intersecție coincid cu linia de înclinare a faliei ($\delta_0 = \delta_1$).

Deaceca, pentru falierile direcționale în planul înclinat al faliei, lungimile lucrărilor miniere de explorare (P , D , H) se vor găsi, corespunzător, din următoarele expresii:

$$\left. \begin{aligned} P &= l \sin \nu = \mp l \sin \delta; \\ D' &= \pm l; \\ H' &= \pm l \operatorname{tg} \delta'; \\ H &= \frac{H'}{\cos \delta_1} = l \frac{\operatorname{tg} \delta'}{\cos \delta}; \\ D &= D' \cos \beta = \pm l \cos \beta. \end{aligned} \right\} \quad (4.16)$$

Falierile în planul orizontal al faliei au $\delta_0 = \delta_1 = 0^\circ$. Planul perpendicular pe liniile de intersecție este un plan vertical și trece prin linia de pantă a stratului, adică $\delta' = \delta$ și $\beta = 0$, de unde:

$$\left. \begin{aligned} P &= \pm l \sin \delta; \\ D' &= D = \mp l; \\ H' &= H = \pm l \operatorname{tg} \delta. \end{aligned} \right\} \quad (4.17)$$

În fine, pentru falierile direcționale în planul vertical al faliei, planul perpendicular pe liniile de intersecție este orizontal, prin urmare $\delta_0 = \delta_1 = 90^\circ$ și va rezulta

$$\left. \begin{aligned} P &= H' = D = \pm l \sin \delta'; \\ H &= \frac{H'}{\cos \delta_1} = \infty \end{aligned} \right\} \quad (4.18)$$

Aici, dispare diferența dintre falierea pozitivă și cea negativă, ceea ce explică semnul dublu al expresiilor pentru P , H' și D .

Lungimile lucrărilor miniere de explorare pot fi găsite și pe altă cale, și anume, prin componentele faliei l , paralele la direcția și la înclinarea faliei.

Acestea constituie bazele clasificării lui V. I. Bauman pentru faliile de translație regulate.

Cum rezultă din cele expuse, în această metodă sunt luate ca semne distinctive: 1. pozițiile în spațiu ale liniilor de intersecție și ale planului faliei; 2. înclinarea conformă și neconformă a planelor care se intersectează și 3. mărimea unghiului diedru dintre strat (zăcământ) și falie.

Pornind dela aceste considerente, autorul clasificării dă următoarea regulă, care-i poartă numele, pentru regăsirea părții deplasate a stratului:

a) pentru falierile pozitive, după direcția de înclinare a faliei și după direcția diagonală în planul faliei (propriu zis falie de cădere și de cădere și alunecare):

„Întâlnind falia cu o lucrare minieră, se caută după traversarea ei partea deplasată a stratului, în direcția perpendiculară pe linia de intersecție a stratului și a faliei, în sensul înclinării faliei, dacă s'a întâlnit acoperișul sau culcușul faliei“.

b) pentru falieri negative, regula arătată se aplică în sens invers (falie de supracădere și de supracădere și supralunecare).

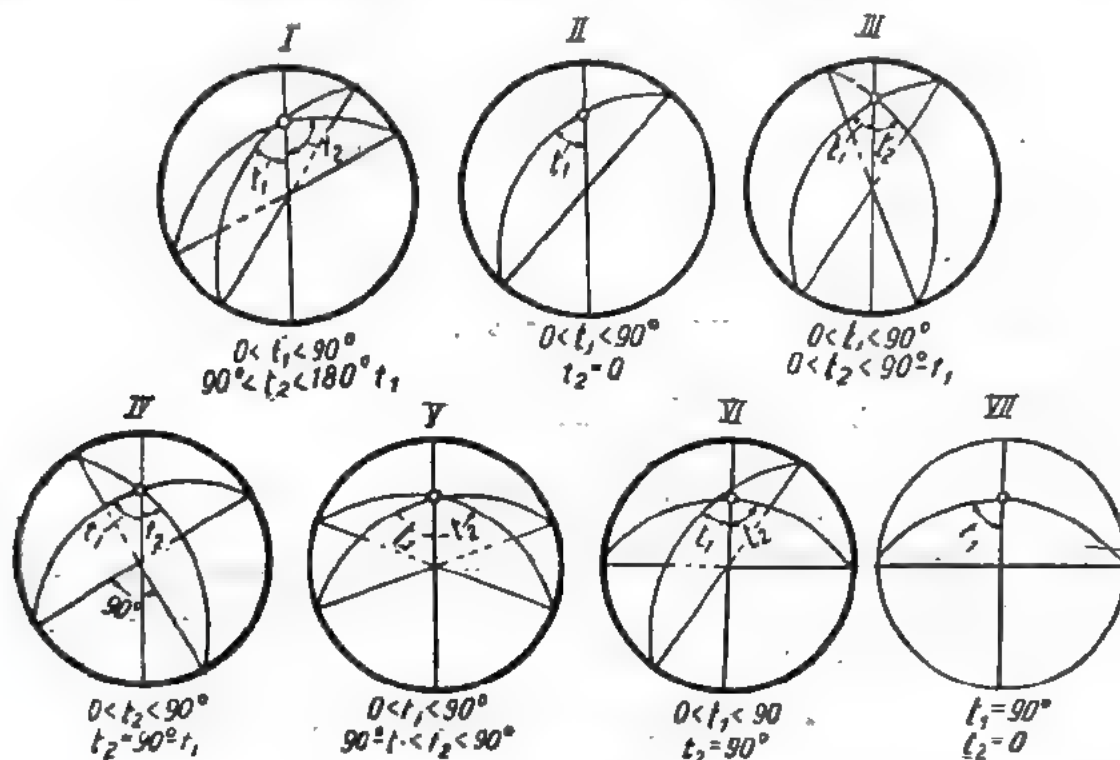


Fig. 150

Regula arătată, ca și multe alte reguli, dă indicații asupra direcției lucrării miniere de explorare, numai după ce se cunoaște felul falierii.

Se pot lua și alți indici de diferențiere și în acest caz, numărul grupelor și al formelor de falieri se poate schimba.

În clasificarea faliilor regulate de translație, propusă de P. K. Sobolevski (37), ca și în clasificarea lui V. I. Bauman, datele de plecare pentru caracterizarea relațiilor unghiulare sunt clasificările interserțiilor planelor. S'a propus să se reprezinte planele în proiecție stereografică, iar raporturile dintre elementele de intersecție să se exprime într-o formă sau alta, cu ajutorul relațiilor dintre triunghiurile sferice care se formează pe sferă, de planele care se intersectează. În fig. 150 sunt reprezentate, în proiecție stereografică, formele deosebite ale intersecțiilor înclinate. Aceste forme sunt în număr de 7: I — obtuză, conformă, a planelor înclinate; II — ascuțită-obtuză a planului înclinat cu planul vertical; III — de unghi ascuțit al planelor înclinate; IV — rectangulară a planelor înclinate; V — obtuză, neconformă, a planelor înclinate; VI — obtuză, con-

formă-neconformă, a planelor înclinate; și VII — rectangulară a planului înclinat cu planul vertical.

Intersecțiile orizontale repetă formele tip ale intersecțiilor înclinate, având numai diferența în caracteristica lor, adică linia lor de intersecție va fi orizontală. Numărul formelor tip ale intersecțiilor verticale este egal cu două, și anume: rectangulară și de unghi

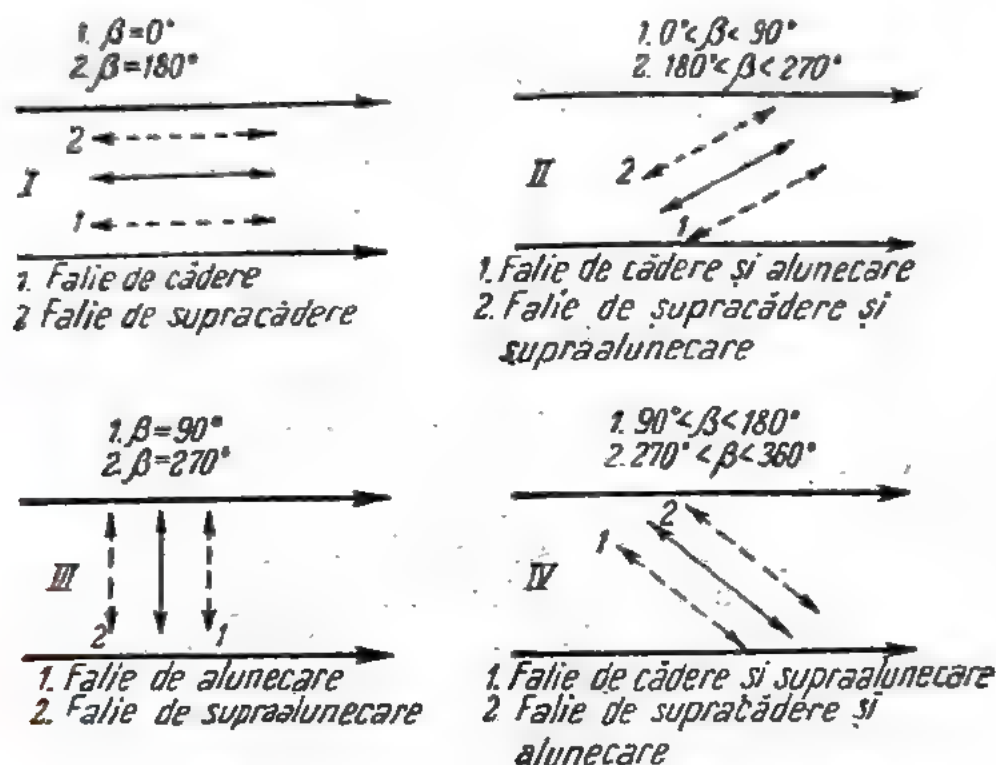


Fig. 151

oarecare. Ca bază a grupării faliilor s'a luat unghiul β , format de linia de pantă a faliei și de vectorul de falie, și care se citește de la linia de pantă a faliei în sensul invers mișcării acelor unui ceasornic.

După criteriul arătat mai sus, autorul clasificării împarte faliile în planul înclinat al faliei în patru grupe, care se subîmpart în câte două subgrupe. Fig. 151 ilustrează această împărțire. Falia este reprezentată prin două drepte orizontale, în interiorul cărora s'a notat: linia plină cu două săgeți, reprezentând poziția inițială a liniei de intersecție a flancului din acoperiș, iar linia punctată, cu două săgeți, reprezentând poziția ei următoare. Linia punctată notată cu cifra 1 reprezintă faliile din subgrupa întâi, iar cea notată cu cifra 2 reprezintă faliile din subgrupa a doua (fig. 151).

Este remarcabilă simplitatea și claritatea reprezentării grupelor de falii din fig. 151.

Caracterizarea completă a formei faliilor este posibilă, dacă sunt cunoscute elementele de intersecție, sensul și mărimea deplasării.

Ca elemente de intersecție se iau elementele de direcție și de înclinare ale liniei de intersecție, cum și unghiurile diedre pentru fiecare plan, care se intersectează cu planul vertical, care trece prin liniile de intersecție — unghiurile t_1 și t_2 . Suma unghiurilor t_1 și t_2 dau mărimea unghiului dintre falie și strat. Simbolic, P. K. Sobolevski reprezintă orice falie sub forma $\frac{h_t, t_1, t_2, a}{\beta, \Delta}$, unde, la numărător, sunt date elementele de intersecție: h_t este unghiul de înclinare al dreptei de intersecție; a este unghiul de direcție al liniei de intersecție; t_1, t_2 sunt unghiurile dintre planul vertical și planele intersectante, iar la numitor sunt elementele faliei (β este unghiul dintre linia de pantă a faliei și vectorul faliei, Δ este mărimea deplasării liniare).

Propunerea lui P. K. Sobolevski de a reprezenta intersecțiile cu ajutorul proiecției stereografice are o importanță pozitivă, și anume că impune aplicarea mai largă a acestei metode foarte reușite a reprezentării și a construcției, la rezolvarea problemelor geometrice, în legătură cu exploatarea sectoarelor dislocate.

Clasificarea lui P. K. Sobolevski nu scoate în evidență importanța practică a problemelor despre dublarea stratului și despre lungimea relativă a lucrărilor miniere, trasate înspre flancul deplasat.

Acestea sunt particularitățile specifice ale unora dintre cele mai cunoscute și mai reușite clasificări geometrice ale faliilor regulate succesive. Fiecare dintre ele include poziții interesante, care corespund unui aspect sau altui aspect al esenței fenomenului. Aplicarea lor rațională și posibilitatea de a găsi locul potrivit fiecărei poziții și căutarea căilor de soluționare a problemei mai noi și mai perfecționate trebuie să reprezinte preocupările inginerilor în acest domeniu. Clasificarea geometrică propusă de V. I. Bauman trebuie considerată ca o clasificare de bază.

§ 4. DESPRE CARACTERUL FALIILOR OBSERVATE (STUDIATE)

Ținând seamă de cele expuse mai sus, nu trebuie să ne mărginim numai la studiul raporturilor și al proprietăților geometrice proprii unei forme generalizate de faliere.

Organizarea rațională a explorării și a exploatării sectoarelor dislocate cere cunoașterea raporturilor, cu privire la distribuția faliilor, într-o structură geologică sau alta și a formelor sub care apar faliile. O variație mare a condițiilor geologice implică o variație intensă a formelor faliilor observate.

Există o documentație foarte extinsă, care caracterizează formele faliilor și condițiile apariției lor. Un material documentar mai real,

în sensul clasificării detaliilor, prezintă datele pe care le dau lucrările miniere de exploatare.

Faliile și alte dislocări, care se pot observa mai clar, sunt cele formate în rocele sedimentare.

Primul lucru care atrage atenția este frecvența apariției dislocărilor disjunctive (faliile) în regiunile cutate.

Structura cutată a unui sector și disjuncțiile care stau în legătură cu ea sunt rezultatul acomodării scoarței terestre din acest sector, la tensiunile alternative, care au avut loc. Mișcările rocilor, care se produc în scoarța terestră, sunt cauzele stării de tensiune care se naște între ele. Tensiunile alternative create dau naștere apariției deformărilor corespunzătoare ale rocilor.

În procesul formării cutelor, forma determinantă a deformației rocilor o prezintă încovoierea lor, care creează structura cutată. Formarea acesteia din urmă este însoțită de deranjamentele continuității pachetului de roce, după planele de slăbire și deplasarea pe acestea din urmă a părților separate.

Se vor da câteva exemple care ilustrează distribuția faliilor și a formelor, sub care ele se întâlnesc în regiuni cu formațiuni sedimentare.

Este natural să se cerceteze întâi regiunile cele mai bine studiate.

1. BAZINUL DONEȚ

Datorită dezvoltării mari a exploatărilor miniere din bazinul Donețului, s'a putut strânge un material bogat de studiu, asupra tectonice depunerilor carbonifere.

Bazinul Donețului reprezintă o creastă cutată complicată prin falieri. Structura sa geologică este alcătuită din formațiuni mezozoice, paleozoice și cainozoice. Formațiile arătate se împart în trei grupe:

1. roce mai vechi decât depunerile carbonifere și care se află în culeșul acestora.

2. depunerile carbonifere de vârstă carboniferă;

3. depunerile din acoperiș mai tinere decât stratele carbonifere.

Prin urmare secțiunea stratigrafică a bazinului Donețului se compune, mai ales, din roce de vârstă carboniferă, care sunt reprezentate prin toate diviziunile sale: inferior, mediu și superior.

Grosimea cea mai productivă, în sensul conținutului în cărbuni, este reprezentată prin succesiunea de strate C^{52} , C^{62} și C^{13} . Compoziția litologică a rocilor din aceste pachete de strate este caracterizată prin următoarele date medii procentuale, în raport cu grosimea totală (46):

a) 68% gresii și șisturi nisipoase, dintre care șisturile nisipoase sunt de două ori mai puține decât gresiile;

- b) 28% șisturi argiloase ;
- c) restul, calcare (1,6%), cărbune (1,7%), etc.

Grosimea totală a pachetelor de strate arătate este destul de mare. Aceste strate sunt foarte bine deschise prin lucrări miniere, la diferite orizonturi.

Compoziția rocilor, secțiunii și structura bazinului rezultă din caracterul formării depunerilor carbonifere și al epocilor geologice următoare. Aici avem tipul numit „paralic” de acumulări de depuneri, care are următoarele particularități:

- a) dimensiunile mari ale suprafeței cu cărbuni;
- b) grosimea totală, însemnată, a depunerilor;
- c) numărul mare al stratelor cu cărbuni;
- d) variația treptată a grosimilor normale a rocilor.

Concret, proprietățile indicate ale structurilor se prezintă aici după cum urmează:

1. extinderea pe distanțe mari a unor gresii și aproape a tuturor calcarelor ;
2. prezența calcarelor indicatoare, care sunt caracterizate pe întinderi mari prin forme paleontologice determinate;
3. menținerea de către calcare și gresii, pe întinderi mari, a indicilor litologici, proprii lor;
4. poziția stratigrafică complet definită a calcarelor în secțiunile transversale ale pachetelor de strate din depunerile carbonifere;
5. menținerea pe distanțe mari a grosimii normale a rocilor și a stratelor de cărbuni.

Cea mai mare importanță în formația din bazinul Donețului o prezintă tectonica Carboniferului și a Permianului.

Structura de bază aparține cutării herciniene, care se stabilește prin discordanța în această structură a Paleozoicului și a Mezozoicului. Mezozoicul prezintă o dislocație slabă care nu distruge caracterul general al structurii cutate, create anterior.

Forma cutată, paleozoică, a bazinului Donețului se prezintă în partea întinsă, de Sud, a bazinului sinclinal, al cărui capăt sudic se mărginește cu masivul cristalin ucrainean, iar cel nordic, cu o înclinare mai lentă, este așezat pe roce mai vechi. În fig. 152 este reprezentat sugestiv profilul geologic general, după meridian, al bazinului Donețului dela Taganrog până la Kantemirovka (46).

Cum rezultă din profil, avem aici așezarea sinclinală a Devonianului și a Carboniferului între masivul cristalin ucrainian și ridicarea din Dogger, în regiunea de anomalie magnetică din Kursk. Flancul sudic al acestui mare sinclinal este strâns în cute. Flancul nordic are înclinarea generală spre Sud.

Particularitatea fundamentală a structurii cutate a bazinului Donețului o reprezintă cutele liniare, dintre care se deosebesc o serie de

sinclinale și anticlinale care se succed cu direcția N-V. În partea de Sud a bazinului Donețului, învecinată cu masivul cristalin, stratele devoniene și ale Carboniferului inferior au o așezare regulată,

O expresie specifică, a structurii cutate sub formă de anticlinale are bazinul în partea centrală (anticlinatul principal). Structura cutată se caracterizează printr-o înclinare comparativ mare a flancurilor, cu oarecare răsturnare a cutei spre Nord, exprimată prin înclinarea spre Sud a planului axial și prin prezența dislocărilor (supracutări) longitudinale în partea axei, cum și a faliilor de ascensiune și de alunecare conforme, în flancurile cutei.

Spre Nord, anticlinatul principal este înlocuit de o cută sinclinală înclinată nu mai puțin importantă, numită sinclinalul principal.

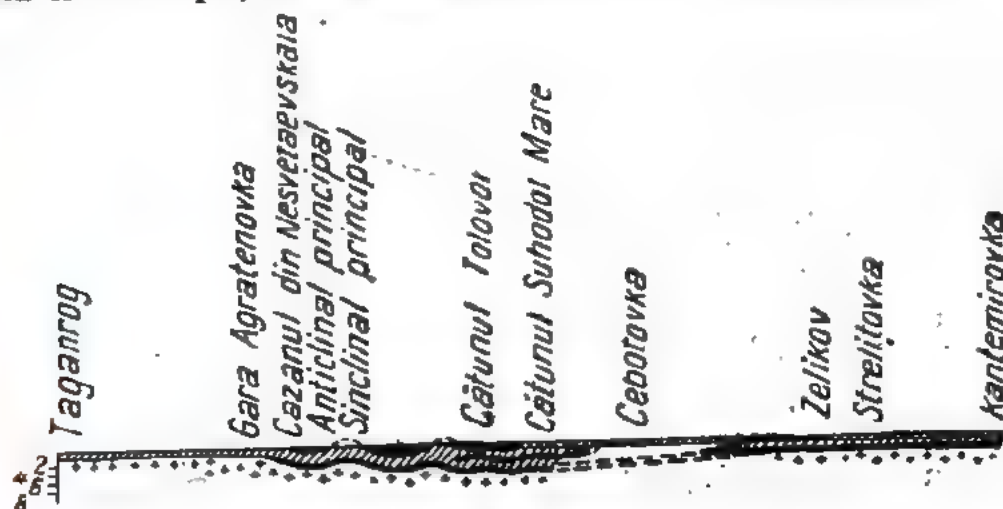


Fig. 152

Mai departe spre Nord, urmează o înălțare anticlinală complexă, numită anticlinatul nordic, al cărui flanc drept este complicat printr-o cutare secundară mai mărunță. Pentru cea din urmă, este caracteristică și prezența unei serii de falii de ascensiune și de alunecare conformă, longitudinale și diagonale, și o oarecare răsturnare a cutelor spre Nord.

Cele arătate sunt valabile pentru întreaga limită nordică a bazinului Donețului. În continuare, spre Nord, urmează o așezare regulată a aceleiași depuneri.

O asemenea dislocare este proprie flancurilor din acoperiș specifică încălcărilor mari. Aceasta permite să se considere că forma cutată a bazinului Donețului vine în contact cu regiunea așezării regulate a formațiunii Paleozoicului din partea de Nord, pe calea unei înclinări puternice a părții de Sud a sinclinalului, comun pe partea de Nord.

În fig. 153 este reprezentată formațiunea de Sud-Est a sinclinalului din Artemovsk (46), care dă o imagine a structurii bazinului din această parte și care ilustrează particularitatea sa, expusă mai sus.

A doua particularitate fundamentală a structurii cutate din bazinul Donețului este prezența unor serii de ridicături anticlinale, trans-

versale, care dau forme închise cutelor în interiorul structurii liniare generale. Direcția celor mai multe ridicături coincide cu meridianul care trece aproximativ pe la mijlocul bazinului. După direcția

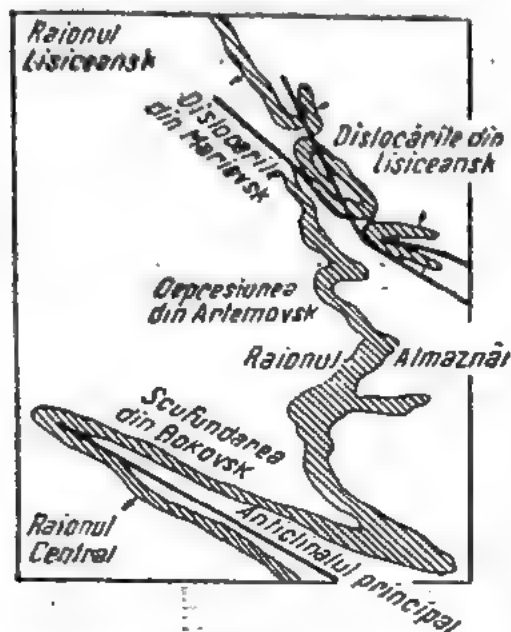


Fig. 153

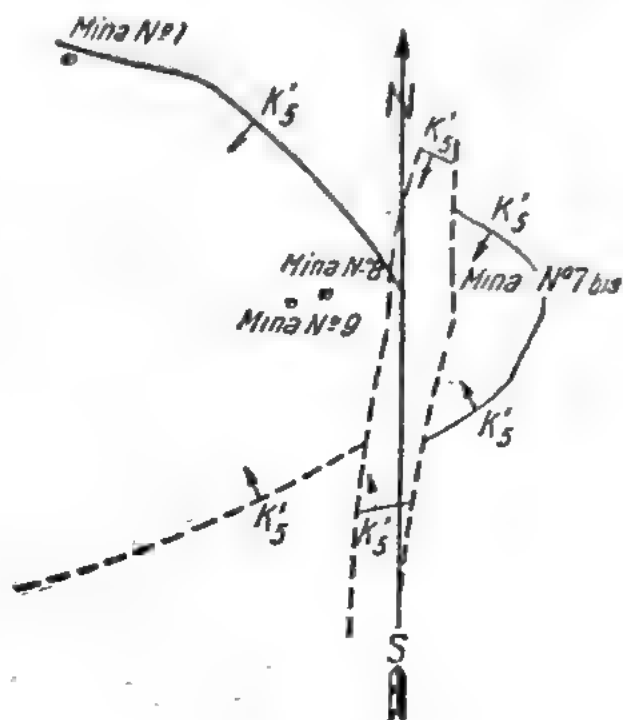


Fig. 154

meridianului s'a produs încovoierea generală a structurii cutate, cu scufundarea ei spre N-V, și S-E. Scufundarea mai mare a cutelor este spre N-V.

Formarea dislocărilor disjunctive, sub formă de falii de cădere cu înclinare mare, cu direcția meridională este legată de ridicările transversale indicate.

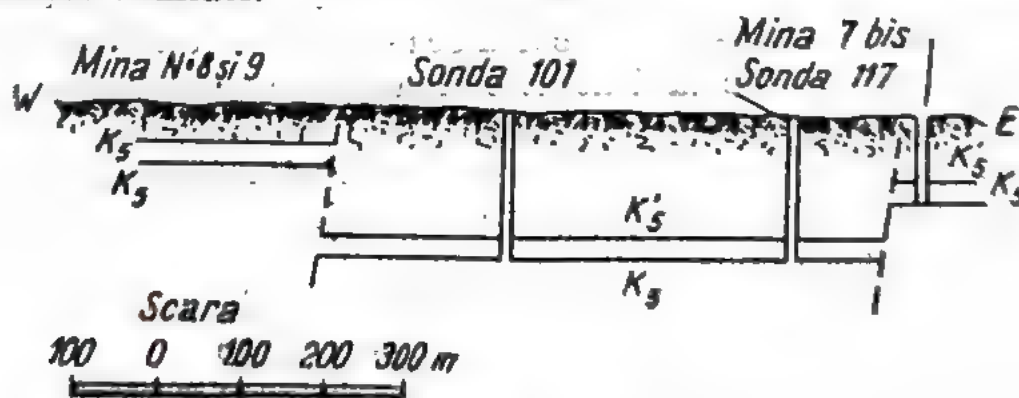


Fig. 155

Astfel de dislocări se pot observa în exploatările miniere din regiunea Cisteakoyk și Bokovsk-Rovenetsk.

Ca ilustrare, se poate da reprezentarea sistemelor de falii din minele 7 bis, 8 și 9 a acestei regiuni, reprezentate în desen (fig. 154) și în secțiune verticală (fig. 155).

Structurile cutate complexe dau un tablou mai complicat de distribuție a faliilor și, invers, cutele simple normale dau o distribuție relativ simplă a dislocărilor disjunctive.

S'a arătat mai sus că, între structurile cutate fundamentale, se deosebesc o serie de anticlinale și sinclinale succesive, cu direcția N-V. Prin dezvoltarea lucrărilor miniere din bazin, s'au făcut multe deschideri, deci s'a putut studia și mai perfect forma cutelor anticlinale.

Dintre anticlinalele deschise prin lucrări miniere face parte și anticlinalul principal, a cărui parte de N-V este un exemplu elasic

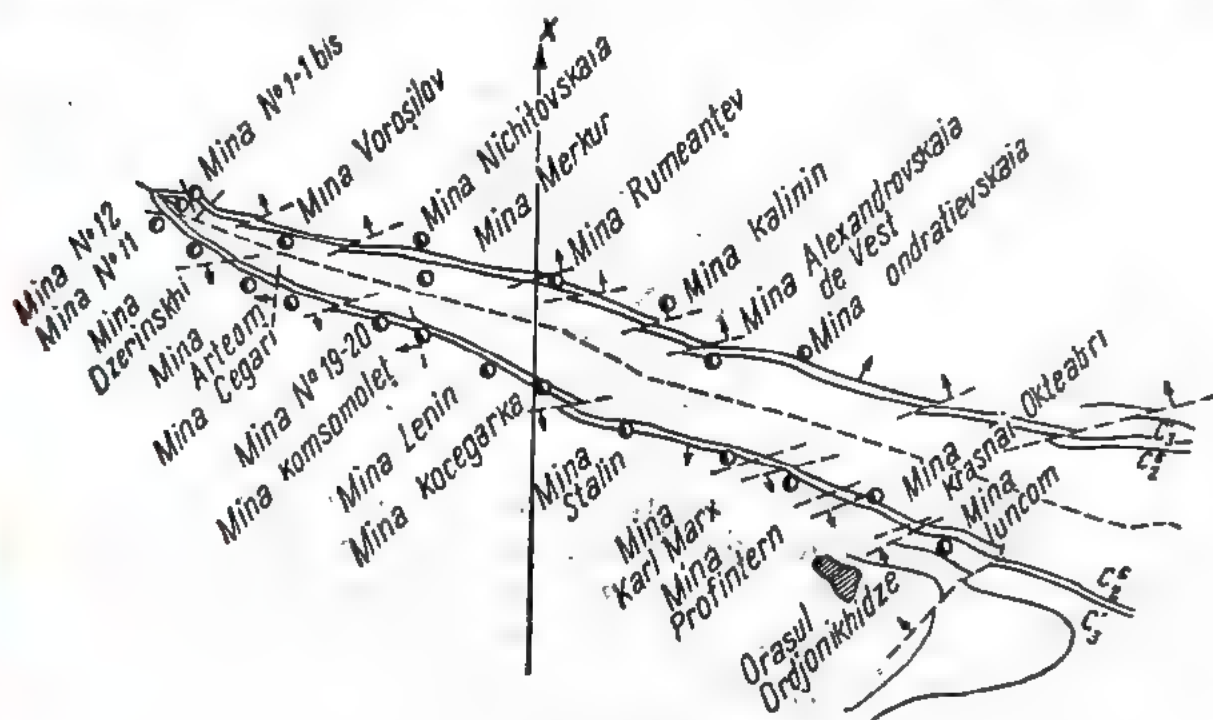


Fig. 156

de cută anticlinală de dimensiuni mari. În fig. 156 este reprezentată imaginea schematică a anticlinalului principal, sub forma aflorimentului unui strat carbonifer, și anume, cu marcarea faliilor principale din regiunea cutată.

În primul rând, pe întreaga direcție a cutei se situează o dislocare axială, cu o înclinare mare spre Sud, conformă cu înclinarea planului axial și care este rezultatul tensiunilor care s'au dezvoltat în partea axială a anticlinalului. Prin aceasta din urmă se explică, probabil, fractura faliei, destul de largă la suprafață (10—15 m), care este umplută cu materialul frământat, cum și amplitudinea mică a deplasării relative a părților fracturate ale cutei. Este probabilă dispariția faliei în adâncime, înspre fâșia neutră a grosimii încovoiate. Cum rezultă din fig. 156, flancurile anticlinalului sunt împărțite de o falie diagonală de ascensiune și de alunecare conformă, într-o serie de platouri, împinse treptat una peste alta.

Acastă formă de falierie pe flancuri se poate imagina ca rezultatul tensiunilor, care au luat naștere dela presiunile dezvoltate în flancurile anticlinalului, în timpul procesului formării cutelor, după schema reprezentată în fig. 157. În adevăr, dacă se exercită o acțiune a unei forțe oarecare P asupra cutoi, forța de reacție P_1 va lua naștere în sens opus acestei forțe.

Descompunând forțele arătate (partea dreaptă din fig. 157) în componente normale și tangențiale, se poate imagina existența planelor de eforturi maxime de așchiere pe flancurile cutoi. După ce tensiunile vor depăși limita de rezistență admisibilă la forfecare a rocilor, se vor produce separarea și deplasarea părților rupte una



Fig. 157

față de alta, după planele indicate, adică pe flancurile anticlinalului se vor produce falierile, de forma faliilor de ascensiune și de alunecare obtuză, conformă, reprezentate în fig. 156. Amplitudinea multor falii de acest fel ajunge până la sute de metri. În majoritatea cazurilor, ele reprezintă limitele naturale ale câmpurilor miniere. Se vor arăta unele exemple, care caracterizează faliile separate.

În fig. 158 este reprezentată, în plan, falia de ascensiune și de alunecare din Artemovsk. Aici, lucrările miniere din mina Artem (galeriile de orizont sunt indicate prin linii pline duble) se dirijează spre falia din partea flancului din acoperiș, iar înspre culcușul flancului sunt dirijate lucrările miniere dela mina Dzerjinski (galeriile de orizont sunt indicate cu liniile duble punctate). Liniile de intersecție ale stratelor cu faliile au în realitate, probabil, o formă mai regulată decât cea reprezentată în fig. 158, întrucât lucrările miniere în strate se opresc, de obicei, nu la planul principal al faliei, ci lângă deranjamente mai mici, care adeseori însoțesc faliile mari.

În fig. 159 este reprezentat sectorul dislocat al minei nr. 11, în secțiune verticală, după direcția galeriilor transversale. În fig. 160 este reprezentat același sector în secțiune orizontală. În fig. 161, aflorimentul liniei de falierie este fixat prin aflorimentele stratelor flancului din acoperiș și din culcuș. Orizonturile stratigrafice de aceeași cotă sunt deplasate, unul față de altul, cu 700 m, în sensul galeriilor transversale. Faliile de acest fel cuprind, în flancuri,

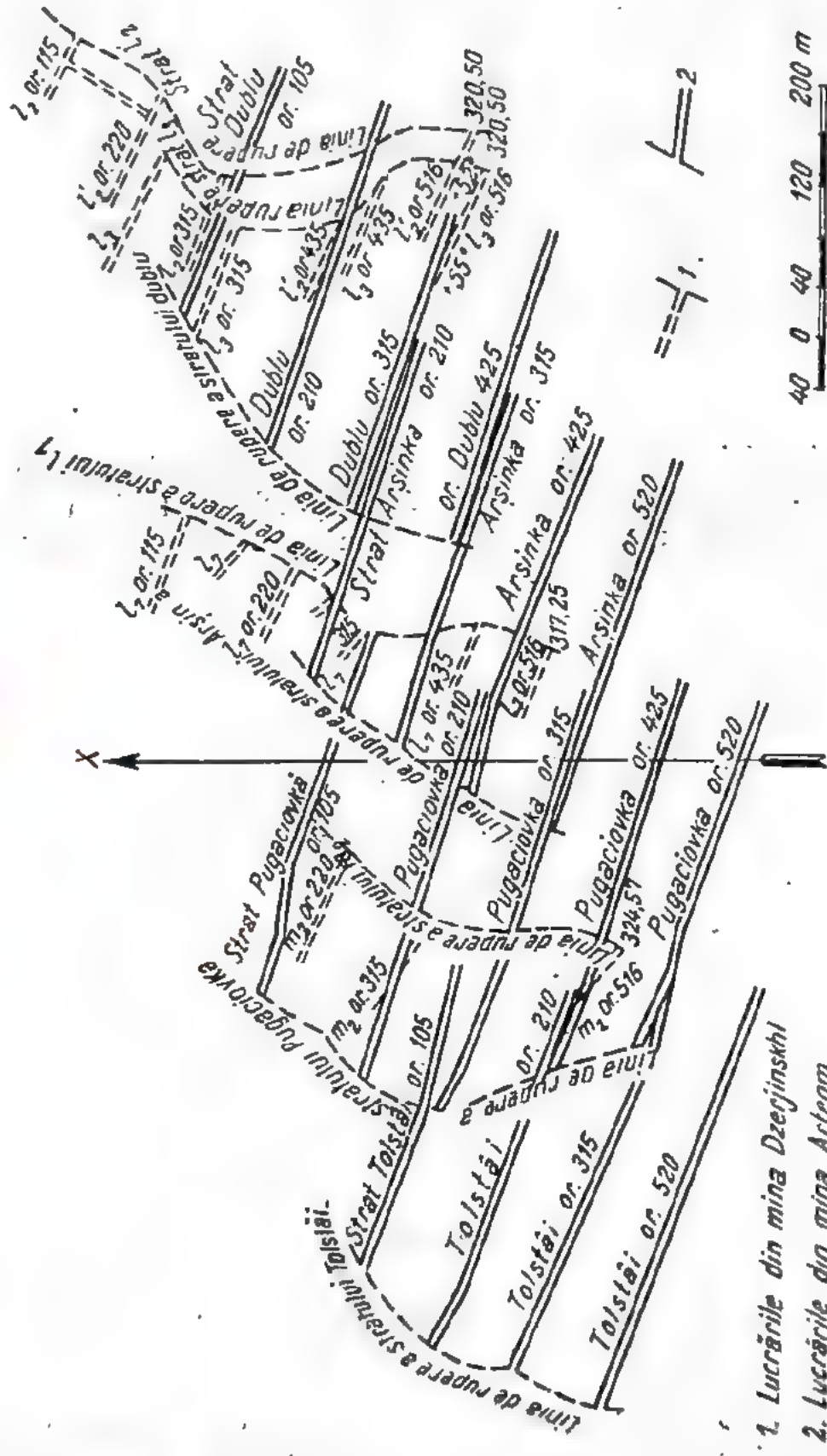


Fig. 158

succesiuni întregi de strate. Ele sunt însoțite, adeseori, de dislocări mici, care afectează stratele izolate și care apar sub forma falilor de amplitudine mică, sau sub formă de efilări și umflări (îngroșări) a stratelor. Ca exemplu de falie cu amplitudine mică sunt sistemele

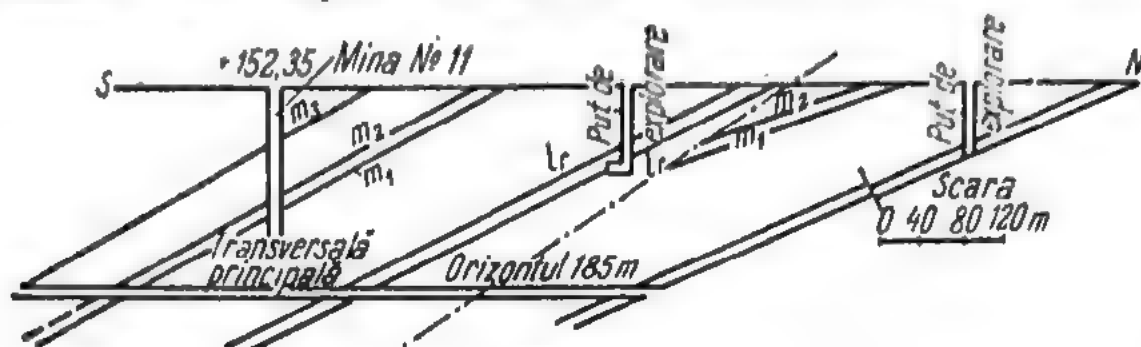


Fig. 159

de dislocări mici, reprezentate în fig. 162, unde, în stânga, este reprezentat, în desen, sectorul dislocat al minei nr. 1 bis a trustului de cărbuni Dzerjinski ugoli, iar în dreapta sunt reprezentate sec-

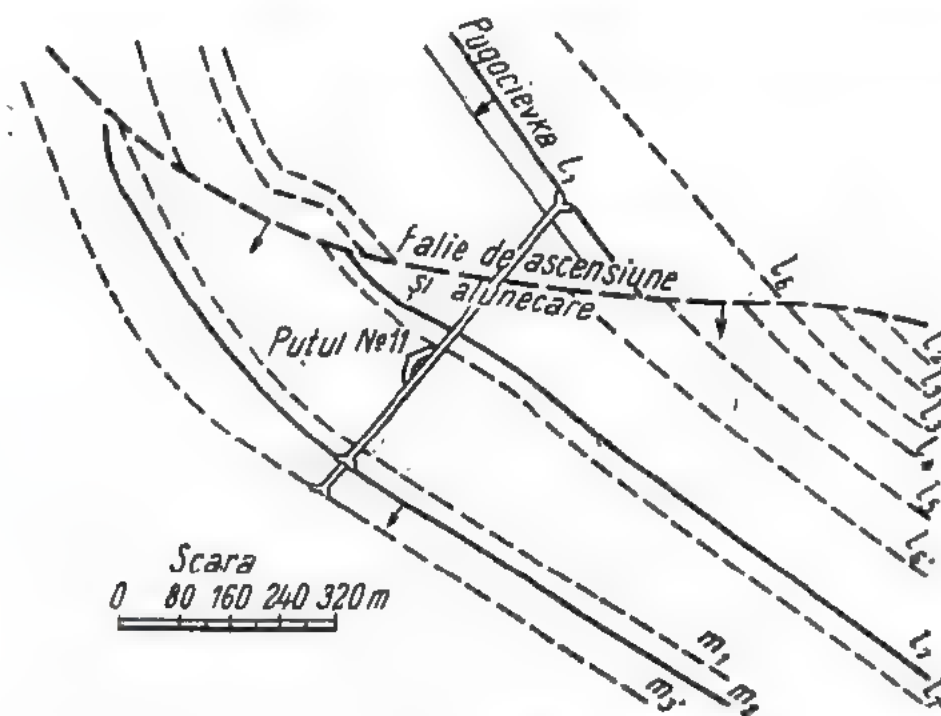


Fig. 160

țiunile verticale ale stratului K_8 , după suitorile nr. 9 și nr. 10 ale acestui sector. Astfel de dislocări produc greutăți în dezvoltarea lucrărilor de exploatare.

Revenind la fig. 156, trebuie să se menționeze, că faliile diagonale de ascensiune și de alunecare pe flancurile anticlinalului principal s'au dezvoltat, în majoritatea cazurilor, după un același sistem de fracturi și numai în cazuri izolate, de exemplu la minele Cegari,

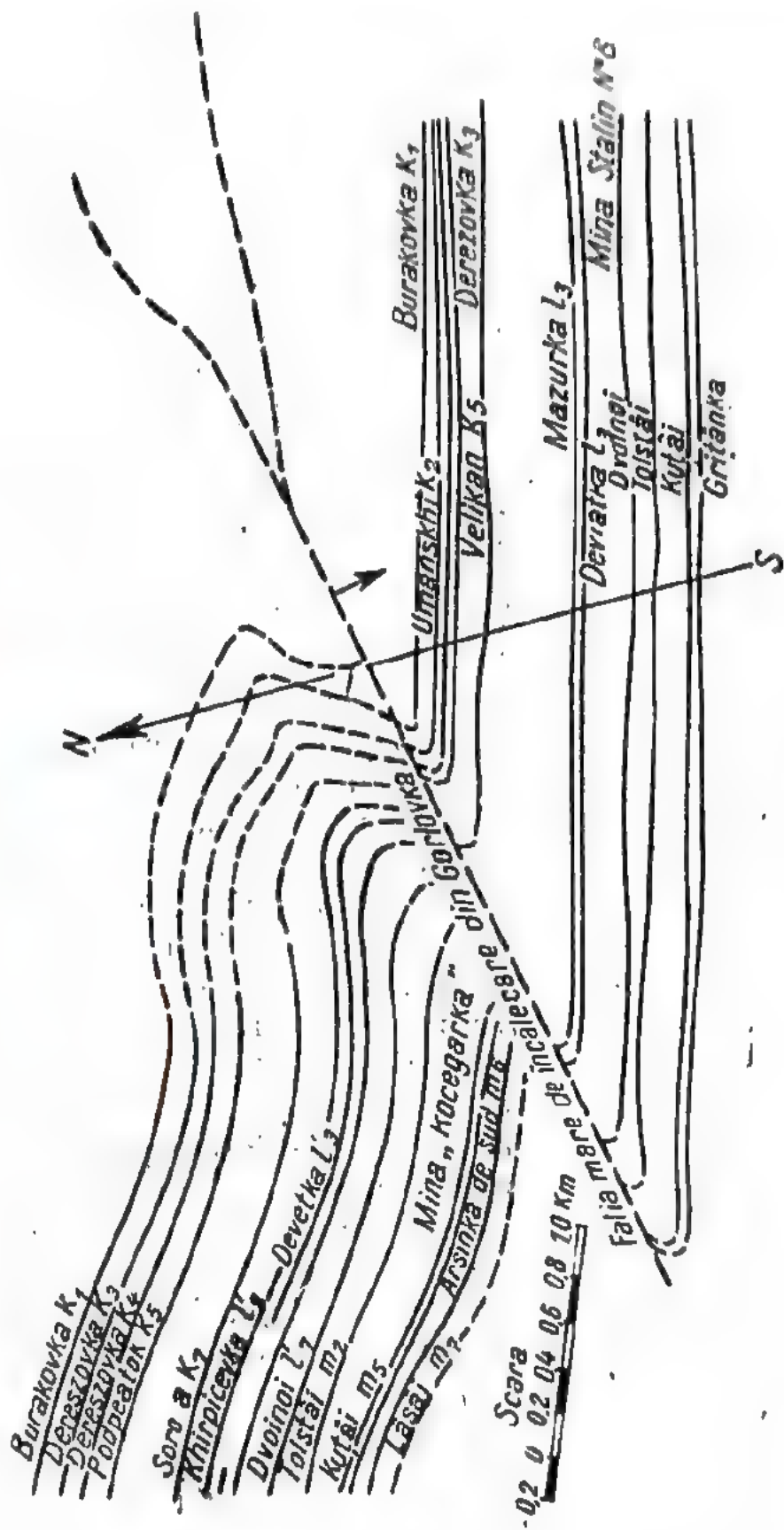


Fig. 161

Komsomolet nr. 1-1 bis se întâlnește falii, care depind de alte sisteme de fracturi. Totodată este caracteristică amplitudinea relativ mai mică a deplasărilor și o oarecare rupere incompletă. Ele reprezintă trecerea de la flexură la falii dezvoltate.

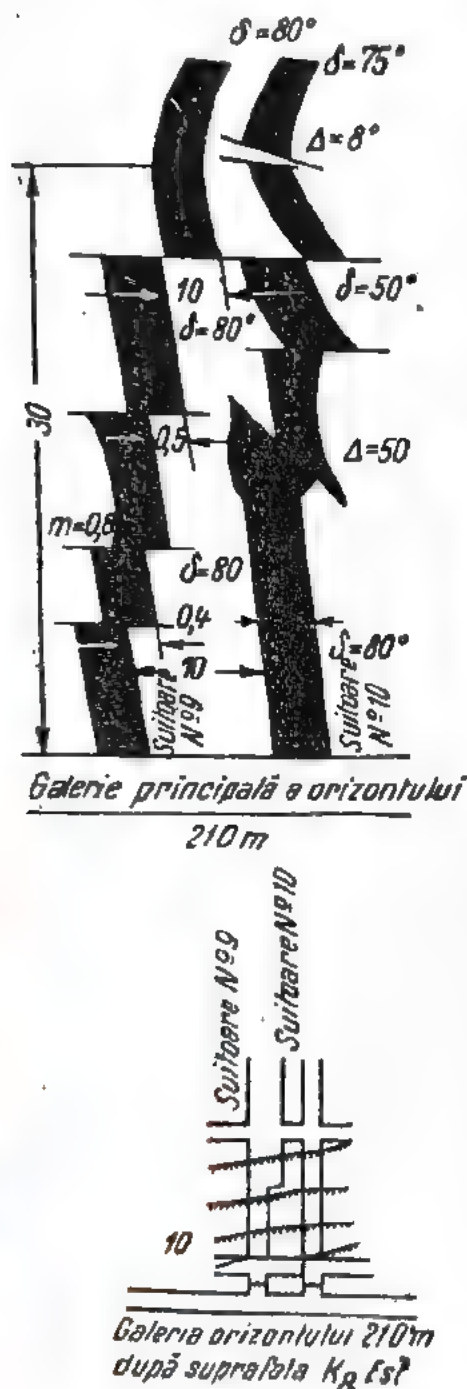


Fig. 162

Pentru ilustrarea celor expuse se arată secțiunea verticală după galeriile transversale ale minelor nr. 1 și 1 bis din Krivorojie.

Mai sus s'a arătat că structura cutată mai complexă are și o distribuție mai complicată a faliilor. Se poate da ca exemplu sectorul Almaz al bazinului Donețului. Fig. 163 reprezintă harta schematică a aflorimentelor stratelor și a sistemului de falii din sectorul Almaz. Aici se vede că această extremitate a sinclinalului din Artemovsk este complicată prin cutarea marcată sub formă de anticlinale și sinclinale succesive de formă neregulată, desmembrate de o rețea de falii. Faliile sunt legate, în majoritatea cazurilor, de flancurile cutelor indicate. Este de remarcat caracterul cutat a două falii mari din acest sector, și anume: a) falia de ascensiune și de alunecare a lui Maxim, care trece prin limita nordică a întregului sector și b) falia de ascensiune și de alunecare a lui Ilici, situată în raionul minei Ilici și al minei nr. 1-1 bis din Krivorojie. Trebuie să se presupună că faliile amintite, care au luat naștere într-o etapă oarecare de formare a cutelor principale ale regiunii, s'au complicat odată cu complicarea structurii cutate și în consecință, se prezintă acum ca o suprafață conformă, încovoiată, a faliilor acestor disjuncții, față de forma cutelor de ordinul al doilea.

Cum rezultă din fig. 163, în sectorul Almaz ca și în sectorul central, amintit mai sus, — regiunea anticlinalului principal — se întâlnesc mai ales falii diagonale de ascensiune și de alunecare conforme.

(fig. 164), unde este reprezentată așa numita „mareă falie de ascensiune din Krivorojie“, care, după cum s'a precizat mai târziu, este continuarea faliei de ascensiune și de alunecare din Ilici.

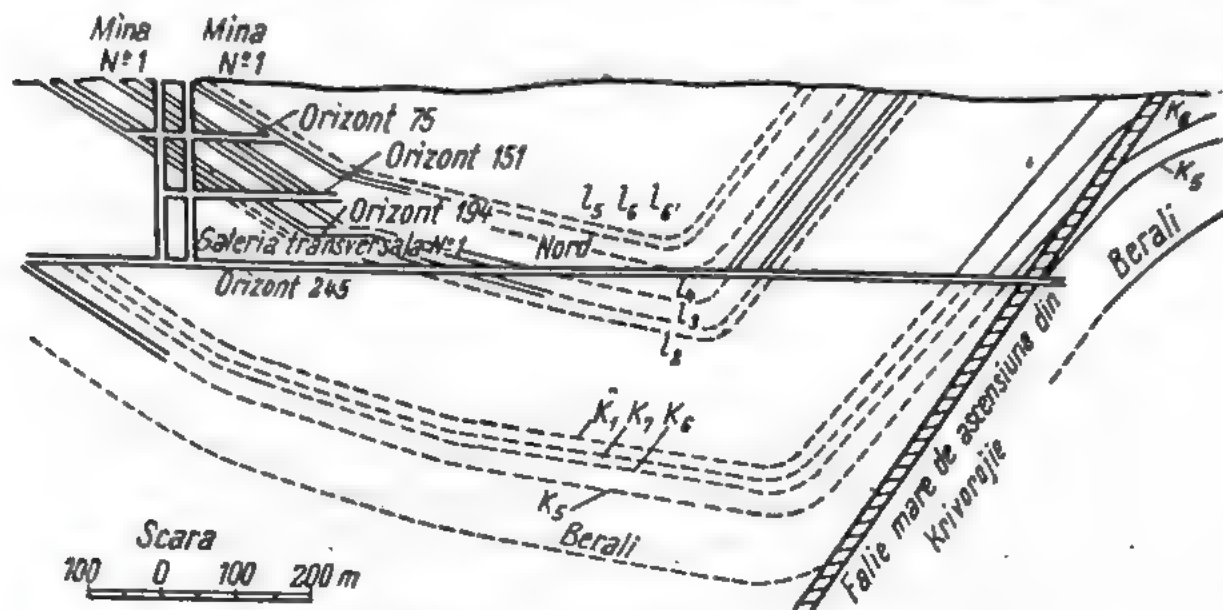


Fig. 164

În fig. 165 este reprezentată secțiunea 1 a faliei de ascensiune și de alunecare din Irminsk, după galeriile transversale ale minei

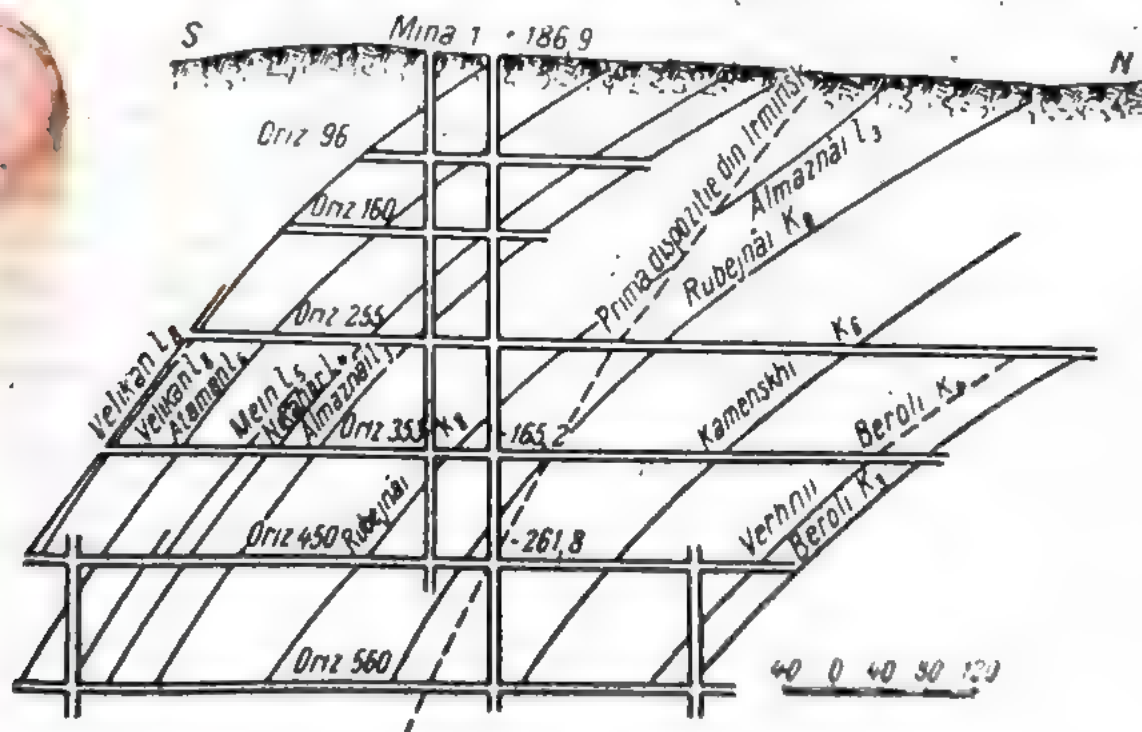


Fig. 165

Țentralinaia-Irmينو-Stalin. Schița zonei acestei falii din peretele transversalei, pe o extindere de 7 m la orizontul 456, este repre-

zentată în fig. 166. În cele ce urmează se arată situația geologică din zona faliei și descrierea rocilor din această zonă:

1. gresie compactă, cenușie deschisă, cu înclinarea de 60° ;
2. gresie cenușie deschisă, sfărâmată în bucăți prin crăpături vizibile și în unele locuri, până la starea de curgere;
3. zona milonitului cu grosimea de 0,5 m, după care, probabil, s'a produs deplasarea;
4. șist argilos, în bucăți, de culoare închisă, cu suprafața lucioasă;
5. șist argilos fracturat prin fisuri în bucăți. Fisurile sunt umplute în unele locuri cu calcită;
6. șisturi încovoiate, în partea inferioară nisipoasă și în partea superioară, argiloase;
7. șisturi argiloase, compacte, de culoare închisă, așezate regulat cu o înclinare de 60° și care se găsesc în afară de zona faliei.

Rocile din apropierea faliei au o structură zonală după gradul de sfărâmare al lor. Din observațiile făcute, s'au stabilit următoarele trei zone, care includ rocile:

1. de fricțiune, 2. de sfărâmare și 3. de încovoiere.

Zonele arătate nu se dezvoltă complet în toate faliile. La unele disjuncțiuni, falia poate fi reprezentată numai prin prima zonă. În

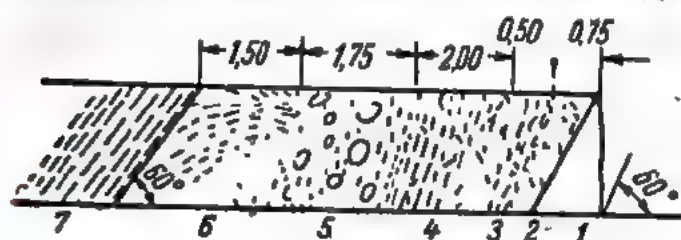


Fig. 166

aceste cazuri, grosimea zonei dislocate este de obicei mică, dela 2—5 până la 10—15 cm. Adeseori se poate întâlni falia, reprezentată prin zona de fricțiune și de sfărâmare.

Grosimea zonei rocilor dislocate variază dela submultipli metrului în sus, în limite mari. În sfârșit, se întâlnesc disjuncțiuni, unde falia este reprezentată prin toate cele trei zone. Schița din fig. 166 reprezintă un exemplu de astfel de falii, a căror grosime este, în general, mare.

Unghiurile ascuțite dintre falie și strat variază în limite comparativ restrânse, și anume între 12° și 35° . Oglinzi clare de fricțiune se întâlnesc rar și în orice caz, nu pot constitui în bazinul Donețului un indiciu pentru regăsirea părții deplasate a stratului.

Formarea cutelor poate fi însoțită de mișcarea reciprocă a fâșiilor pe suprafața de stratificație (stratele se ocolesc lent unul pe altul, suprafețele de stratificație sunt paralele sau aproape paralele între ele). În acest caz, formațiunea cutată se numește paralelă (27). Dar paralelismul poate să nu existe. Atunci, stratele devin grupate (blocate) într'un pachet a cărui curbare se produce în întregime și provoacă, în părțile convexe, un exces de material, iar în părțile

concave, o lipsă de material. În acest caz, formațiunea cutată se numește „blocată”.

Pentru ilustrarea ambelor cazuri de cutare poate servi experiența cunoscută cu pachetul de hârtie. Dacă se strâng capetele pachetului, la încovoierea lui, foile separate se vor deplasa reciproc, încovoindu-se, rămânând paralele între ele (fig. 167).

Dacă, însă, se încovoie pachetul de hârtie, care are capetele strâns fixate, coalele pachetului se vor bloca. Curbarea începe cu stratul superior al părții bombate. Acest strat va fi supus la tensiune, iar toate celelalte, la compresiune. Compresiunea crește spre



Fig. 167



Fig. 168

partea curbată. Dacă pe partea bombată fâșiile nu rezistă la tensiune, ele se rup succesiv și rolul fâșiei conducătoare trece asupra fâșiei mai rezistente din interior (fig. 168).

Grosimile rocilor sedimentare se compun dintr'o serie de fâșii succesive, care nu reacționează la fel la compresiune, în toate sensurile. Pentru o anumită adâncime a formării cutelor, unele roce se vor găsi în stare plastică, iar altele, mai rezistente, care formează așa numitele fâșii conducătoare, nu ating încă această stare. La curbarea întregului complex de roce, cele secundare, care suportă tensiunile în regiuni mai întinse, formează arcele scheletului cutelor, în timp ce rocele primare, care suportă, în majoritatea cazurilor, numai tensiunile din interiorul fâșiei, formează o cutare slabă. Din acest punct de vedere se poate vorbi despre cutarea paralelă a fâșiilor de control și despre cutarea blocată a fâșiilor plastice. Astfel, ambele feluri de formare a cutelor au loc concomitent.

În cazul formării unor cute paralele, se produc faliiile principale, iar în condițiile formării cutelor blocate, se produc faliiile mai mici.

Practic este destul de important să se deosebească formele faliiilor între strate, de formele faliiilor regionale, și prin aceasta să poată fi localizate mai just. Aceasta prezintă o importanță deosebită în condițiile de exploatare, când dislocările dintre strate determină detaliile structurii zăcămintului și în consecință, condițiile de exploatare.

În fig. 169 este reprezentat, în plan, un sector al sinclinalelor Duvan din bazinul Donețului. Se vede o cutare slabă, complicată prin deplasări, în limitele pachetului de strate C_2^6 . Deplasările se întrerup, la apropierea de stratele C_2^5 .

Pachetul de strate C_2^6 este compus, mai ales, din șisturi argiloase și din strate de calcare și gresii, în timp ce grosimea stratului C_2^5 , începând cu calcarul K_7 , până la orizontul inferior al stratului principal exploatabil, este compusă din gresii compacte și din strate de șisturi și calcare. Fig. 170 și fig. 171 reprezintă secțiuni verticale, transversal pe direcția rocilor. Construcția secțiunii

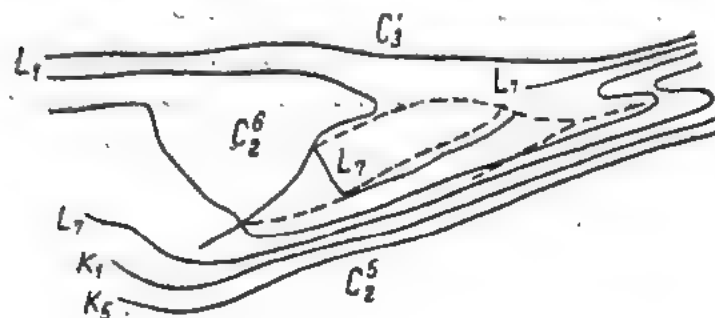


Fig. 169

(fig. 170) s'a făcut fără a se ține seamă de deformațiile dintre strate, adică nu este justă; secțiunea din fig. 171 este construită just. Astfel se prezintă situația față de caracterul distribuirii faliilor, în unele structuri cutate, ale bazinului Donețului.

Din cele expuse rezultă că trebuie să existe o legătură între dislocările plicative și cele disjunctive.

În procesul formării cutelor în diferite etape și în porțiunile distincte ale cutelor se dezvoltă tensiuni, care au ca rezultat de-

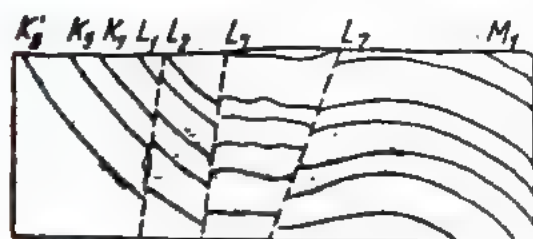


Fig. 170

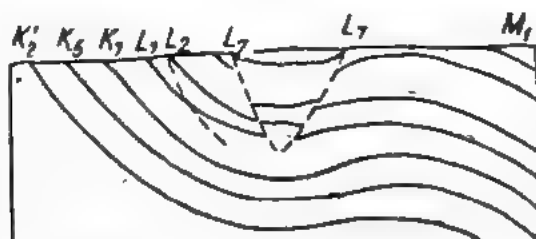


Fig. 171

formații de ruperi, de forfecări și de încovoieri. Pe de altă parte, este cunoscut că rocele reacționează în mod diferit la solicitările mecanice, la care sunt supuse.

De exemplu, pentru calcare și gresii s'au obținut, în urma numeroaselor încercări, următoarele rezultate medii, pentru rezistențele admisibile la încovoiere și la forfecare (44).

1. Pentru calcare, rezistența admisibilă la compresiune este de 450 kg/cm², iar rezistența admisibilă la forfecare este de 40 kg/cm².
2. Pentru gresii, corespunzător, 456 și 30 kg/cm².

Trebue să se precizeze, că datele arătate s'au obținut în alte condiții, decât cele în care s'au format deplasările în realitate. Condițiile naturale de deformare a rocilor se deosebesc prin presiuni foarte mari (compresiune din toate sensurile) și cu o desfășurare foarte lentă a proceselor geologice, care nu se pot reproduce experimental. Deaceia, relațiile arătate mai sus, aplicate la formațiunile geologice, trebue considerate ca date aproximative.

Caracteristicile faliilor, observate în unele regiuni din bazinul Donețului, se referă, mai ales, la faliile din cutele anticlinale. Pentru aceleași condiții geologice, ar fi fost de dorit să se obțină și caracteristica de distribuie a disjuncțiunilor, cum și formele lor de apariție în cutele sinclinale. În stadiul actual al lucrărilor de exploatare, însă, aceste date nu se cunosc deocamdată. Deaceia, se vor prezenta unele exemple de distribuie a faliilor în cutele sinclinale, în alte condiții geologice.

2. BAZINUL KUZNEŢK

Zăcămintele din bazinul Kuzneţk aparţin zăcămintelor carbonifere, dislocate prin disjuncţiuni.

Depunerile carbonifere ale bazinului sunt situate într'un sinclinal mărginit la N-E de Alatan din Kuzneţk, la S-V — de lanţul munţilor din Salair, iar la Sud — de coastele lor (fig. 172).

Secţiunea bazinului Kuzneţk prezintă o grosime mare a rocilor, dela Cambrian până la Terţiar, incluziv. Numai depunerile carbonifere ale Permianului şi ale Jurasicului au o grosime mai mare decât 10 km, ceea ce dovedeşte dezvoltarea sedimentelor de tip sinclinal.

Depunerile productive principale ale bazinului, sedimentele de vârstă permiană, sunt reprezentate prin sedimente argilo-grezoase, cu strate de cărbuni de grosime uniformă. Diviziunea grosimii pe suite de strate se face după anumite diferenţieri litologice ale rocilor, după floră şi faună şi, mai ales, după prezenţa sau absenţa stratelor de cărbuni. În partea centrală a bazinului, sedimentele au o aşezare mai regulată, decât în părţile periferice. În părţile periferice, unde rocile mai vechi afloră, caracterul structurii cutate se complică. Aici se observă înclinări mari, cute ascuţite, răsturnate către centrul bazinului şi o serie de fracturi şi suprapuneri, care complică mult structura periferică a bazinului, ceea ce este reprezentat în secţiunea bazinului după direcţia II-II (fig. 173). Caracterul tectonic general arătat determină formele şi distribuţia dislocărilor mai mici.

Studiul detaliat al disjuncţiunilor din câmpurile miniere, după datele lucrărilor miniere de explorare şi de exploatare, s'a făcut

de către mulți cercetători, printre care s'a evidențiat grupul geologilor siberieni, elevi ai academicianului M. A. Usov. Organizarea rațională a exploatării multiplelor sectoare dislocate a provocat o bună organizare a serviciului geologic și topografic minier. Una

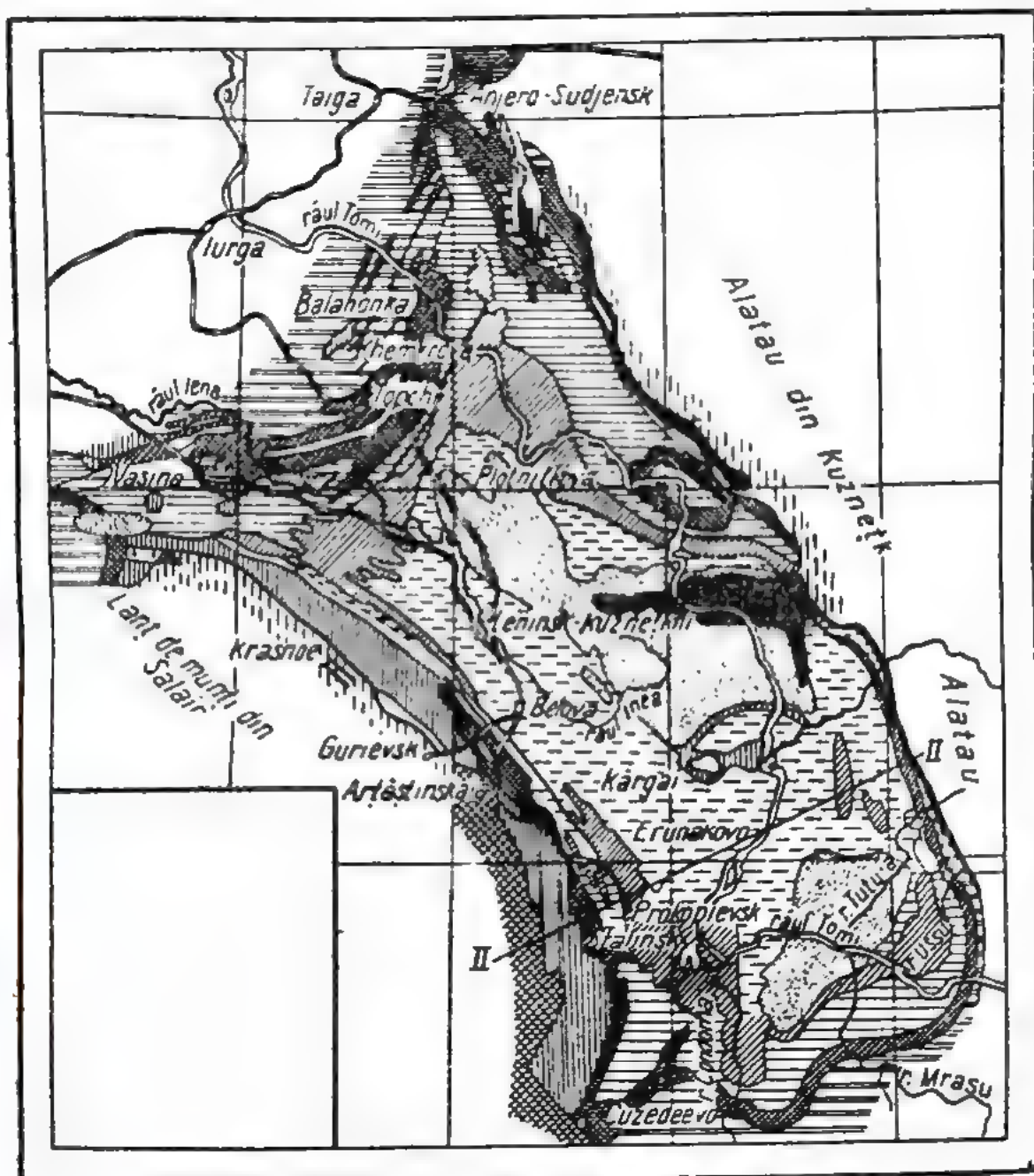


Fig. 172

dintre sarcinile principale ale serviciilor amintite este studiul structurii câmpurilor miniere și asigurarea lucrărilor miniere, prin direcția lor justă.

Legătura dintre elementele dislocărilor plicative și disjunctive, stabilită mai sus, se confirmă și aici.

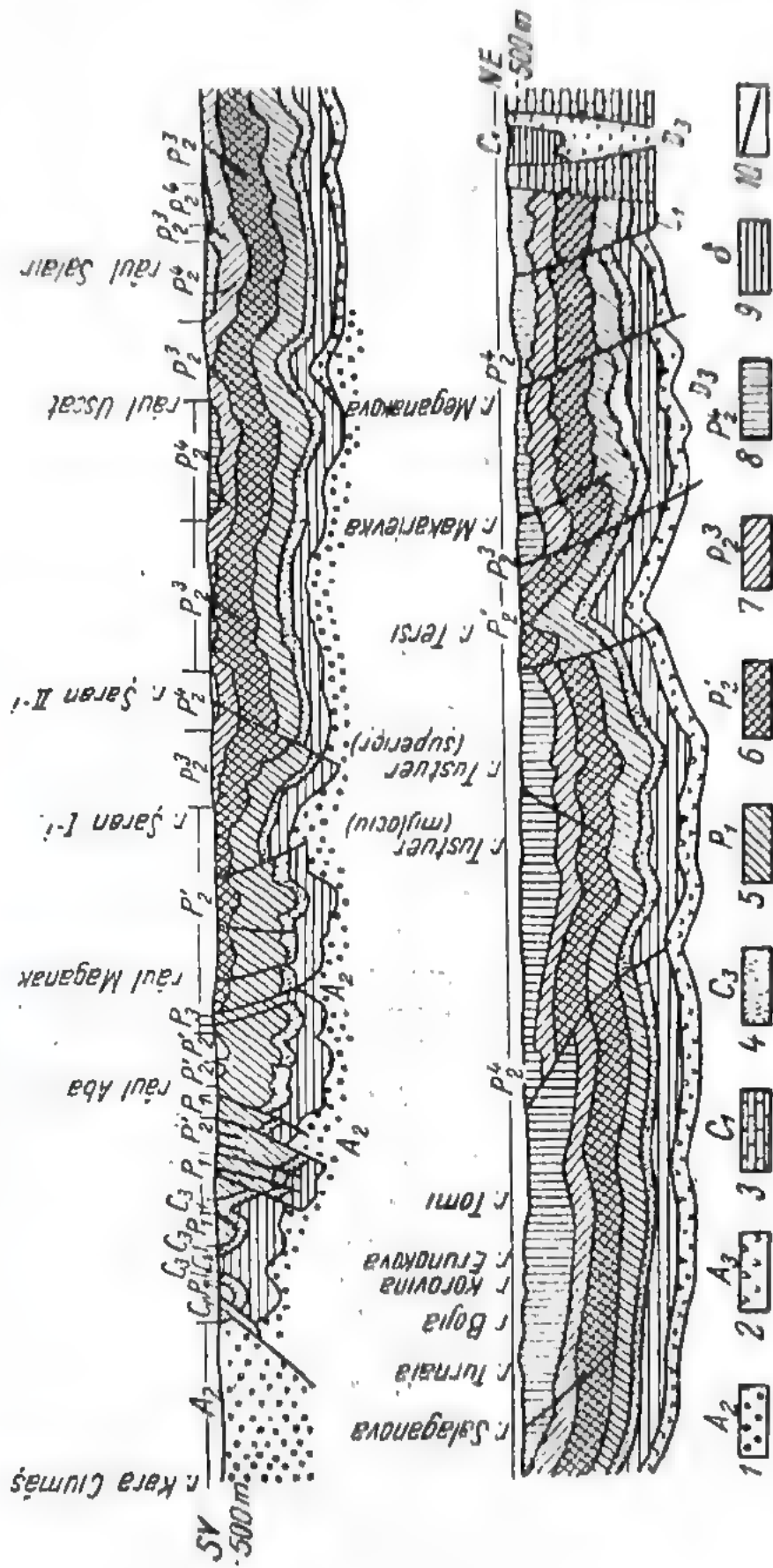


Fig. 173

Numărul mare de sisteme de falii observate aici se încadrează într'un număr mic de forme răspândită în bazin, clasificate după metoda lui M. A. Usov (43). Aici predomină faliile de ascensiune conforme (fig. 174, a). După clasificarea lui Bauman, acestea vor fi falii de ascensiune și de alunecare, obtuze, conforme. Alături de ele pot exista, dar se întâlnesc mai rar, falii de ascensiune neconforme (fig. 174, b), sau falii de ascensiune și de alunecare de unghi ascuțit și drept, neconforme (după clasificarea geometrică). La o înclinare mai mică a faliei decât a flancurilor stratului, faliile care se întâlnesc aici se numesc suprapuneri drepte (fig. 174, c) și inverse (174, d), aparținând corespunzător faliilor de cădere și de alunecare obtuze, conforme și faliilor de ascensiune și de alunecare

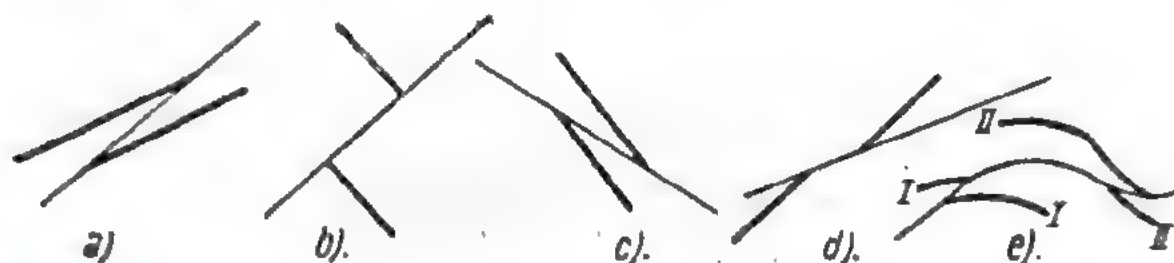


Fig. 174

de unghi ascuțit, conforme. Formarea primei falieri se explică prin trecere dela falia de ascensiune conformă a stratului din culcuș, la cel din acoperiș, la încovoierea faliei (fig. 174, d):

Formele de falii, numite de M. A. Usov falii de aruncare, falii de aruncare neconformă, falii de subalunecare directă și inversă, din punct de vedere geometric nu reprezintă forme noi, deoarece sunt corespunzător analoage, după clasificarea lui, faliilor de ascensiune conforme și neconforme, cum și faliilor de suprapuneri drepte și inverse, numai cu o singură deosebire, că aici, apare ca flanc mobil flancul din culcuș și nu cel din acoperiș. Afară de aceasta, autorul deosebește o falie de ascensiune transversală, atunci când liniile de încrucișare sunt perpendiculare pe liniile stratului, cum și falii de cădere și falii de supracutare.

Pe acestea din urmă, autorul le deosebește după orientarea corespunzătoare a sgărieturilor și a șanțurilor de pe oglinzile de fricțiune. Deplasările după fâșii în interiorul stratelor sunt larg extinse.

Cum rezultă din cele expuse, se găsește și aici, ca și în alte bazine, după clasificarea geometrică, falii de ascensiune și de alunecare, și falii de cădere și de alunecare. Afară de aceasta, faliile mari sunt însoțite de o serie de falii de ordin secundar.

Pentru ilustrarea faliilor întâlnite se prezintă o secțiune după transversalele minei Stalin din raionul Prokopiievsk (fig. 175) și

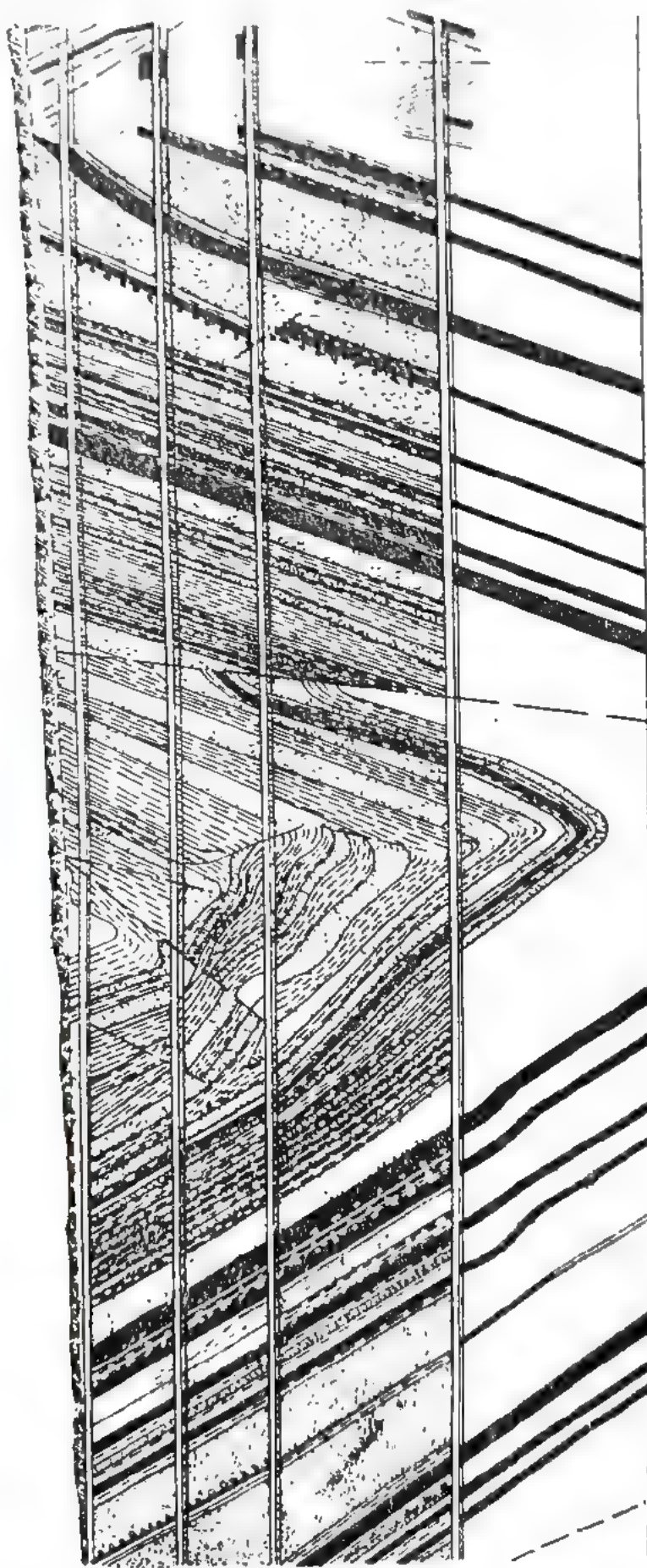


Fig. 175

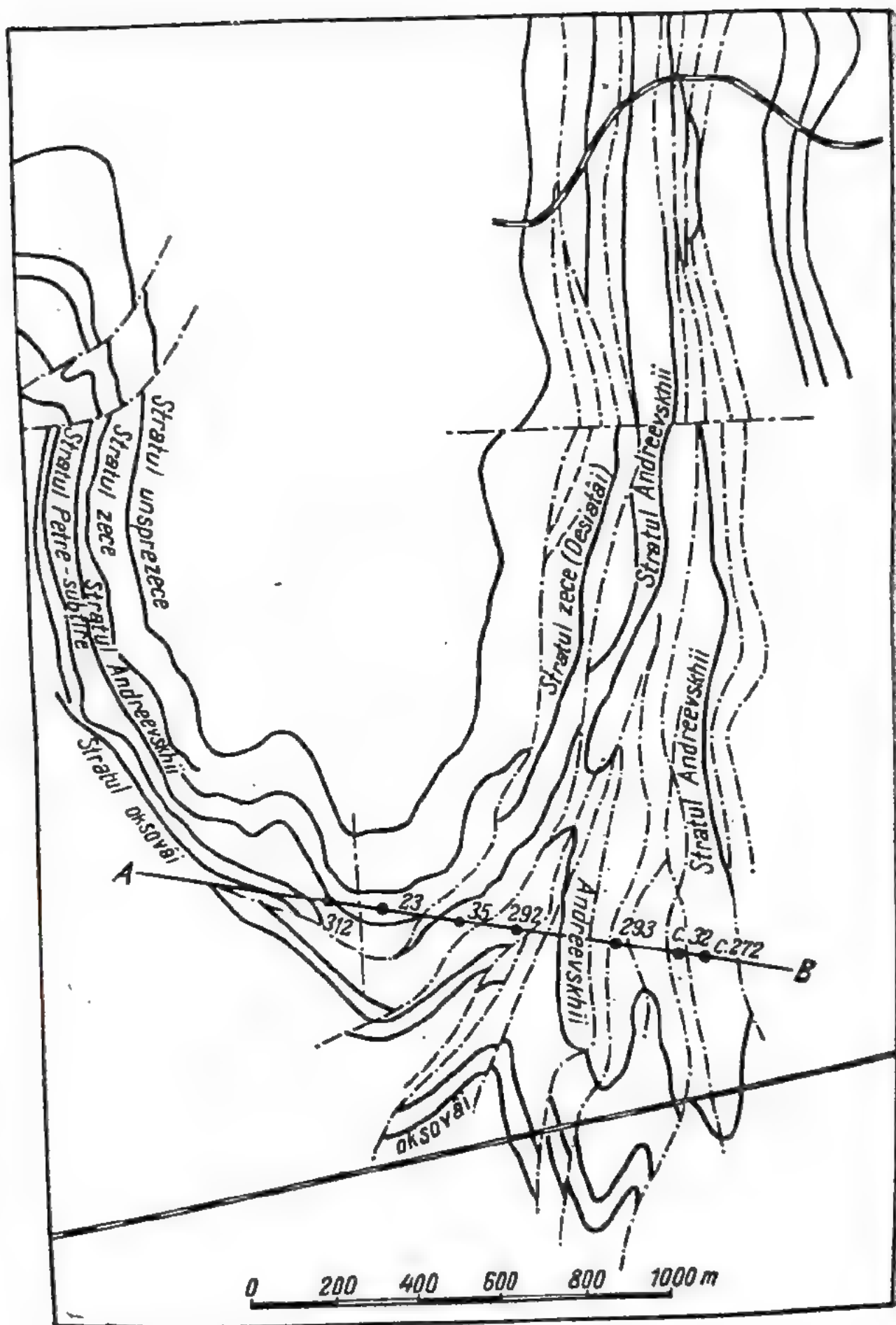


Fig. 176

Particularitatea depunerilor bazinului, exprimată în uniformitatea grosimii stratelor de cărbuni, pune stratele de cărbuni în poziția orizonturilor de sprijin, la despicierea masivului. Această împrejurare produce greutate în legarea orizonturilor dintr-o parte sau alta a faliei, în scopul stabilirii formei de falie. Deaceia este necesar să se acorde, în acest caz, o atenție deosebită, pentru distingerea semnelor directe, pentru indicarea sensului deplasării. Găsirea acestor semne este favorizată de faptul că, aici, oglinzile de fricțiune sunt destul de pronunțate: | |



3. ZĂCĂMANTUL DELA TKVARCELSK

Este interesant de precizat câteva date asupra faliiilor observate în zăcământul de cărbuni din Tkvarcelsk, care se deosebesc de altele, printr-o serie de particularități. Depunerile jurasice, cărora aparține grosimea productivă a zăcământului, sunt separate de eroziuni, în suprafețe distincte.

Cele mai vechi formații ale acestui zăcământ constau din gresii, conglomerate și porfirite ale așa numitei suite frământate inferioare, care aparține Bojocianului din Jurasicul inferior. Grosimea totală a acestor formațiuni, după datele lui V. V. Mokrinski, atinge până la 2—2,5 km. Pe ea se găsește așezat, discordant, masivul carbonifer, care, după determinarea resturilor paleontologice, aparține Bathonianului din Jurasicul inferior. Depunerile carbonifere sunt reprezentate prin gresii argiloase, sisturi argiloase carbonifere și prin cărbuni.

Grosimea pachetului de strate carbonifere variază dela 175 la 250 m. Stratele exploatabile aparțin părții inferioare a depunerilor carbonifere, la 45—90 m dela contactul ei cu suitea frământată inferioară. Structura și grosimea depunerilor, cum și a stratelor de cărbuni variază în limitele zăcământului. Însă structura stratelor exploatabile este distinctă și diferită și, ca atare, poate servi, într-o măsură oarecare, pentru a face legătura. Depunerile carbonifere, după datele lui V. V. Mokrinski, sunt acoperite transgresiv de rocele suitei frământate superioare.

În regiunea zăcământului, depozitele jurasice sunt strânse în cute puternice, după două direcții. Primul sistem de cute este exprimat mai precis și este paralel cu crestele principale ale Caucazului. Al doilea sistem de cute este mai puțin pronunțat și îl traversează pe primul, după un unghi oarecare.

Astfel, suprafața II a zăcământului este compusă dintr-o cută sinclinală cu înclinare mică cu direcția N-V. În limitele suprafeței III trece, deasemenea, o cută sinclinală, însă cu direcția S-E.

În partea centrală a sinclinalului, unghiurile de înclinare sunt mici și variază între 5 și 20°. Pe flancuri, spre aflorimentul stratelor, înclinarea crește. La intersecția outelor arătate se formează un brahi-sinclinal.

În părțile de Sud și Sud-Vest ale zăcământului, cuta este tăiată de o falie, care este cea mai mare, așa numita falie de cădere generală a stratului, cu direcția S-V. Înclinarea faliei este de 62°. Amplitudinea deplasării este de 700 m, ceea ce are drept consecință contactul direct al stratelor de cărbuni cu suitea frământată inferioară. Grosimea zonei de sfărâmare atinge 22 m.

Sinclinalele de bază ale depunerilor jurasice sunt complicate de cutele de ordinul II și fracturate de numeroase falii mici.

Caracterul acestor falii și raportul lor față de structurile cutate, după datele studiului detaliat al structurii câmpurilor miniere, executat de A. S. Kumpan și I. M. Migai, se prezintă sub forma următoare. Întregul zăcămant este împărțit de o serie de falii puternice, în sectoare separate. În interiorul sectoarelor se observă un număr mare de falii mici, cu amplitudinea de 1—2 m.

Gradul mare de dislocare al zăcămantului complică mult condițiile de explorare și de exploatare.

Între faliile cercetate, se deosebesc următoarele forme:

Cea mai răspândită formă este reprezentată de faliile de cădere. Amplitudinile lor sunt diferite, dela câțiva centimetri până la 30 m (exceptând falia de cădere generală, a cărei amplitudine atinge 700 m).

Suprafețele faliilor sunt comparativ regulate și suferă ondulații regulate pe direcție. Unghiurile de înclinare variază între 30 și 80°. Mai des se întâlnesc înclinări de 40—55°. Toate faliile mari sunt reprezentate prin falii de cădere. Partea cea mai mare a faliilor puternice are direcția N-V, S-E și ele sunt atașate mai ales părții axiale a cutelor sau părților de flancuri, care tind spre șarnierele cutelor. Faliile puternice, cu amplitudinea mai mare decât 10 m, sunt însoțite de obicei de o zonă, care include, afară de o falie principală, o serie de dislocări mai mici, care au, deasemenea, caracterul faliei de cădere (fig. 178). Seria de falii de cădere, paralele, formează uneori un șir de trepte (falii de cădere în trepte), reprezentate în fig. 179 și 180. Mai rar se observă în lucrările miniere faliile de ascensiune. Amplitudinile deplasărilor la dislocările de acest fel variază, deasemenea, în limite

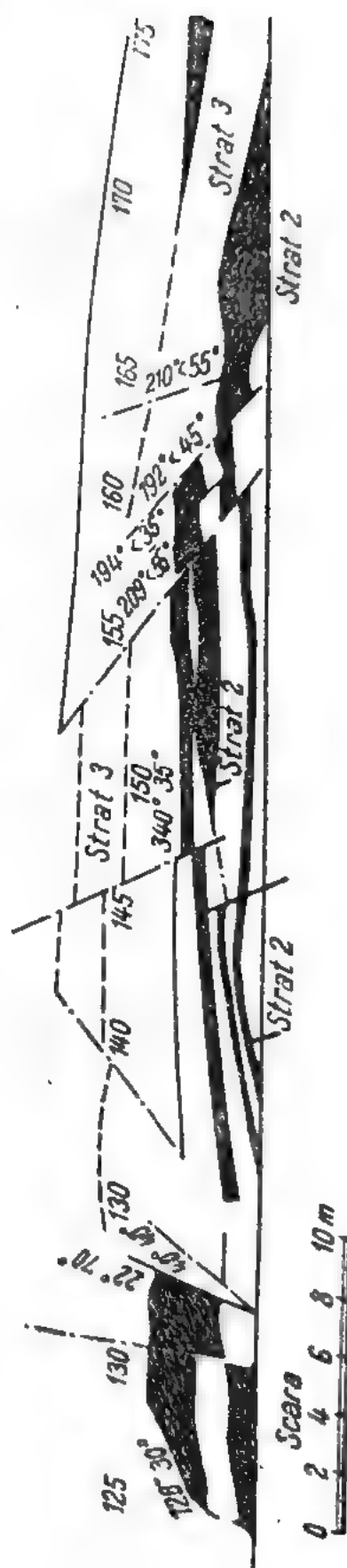


Fig. 178

mari, însă nu ating valori mari. Valoarea maximă a faliilor de ascensiune, întâlnită în zăcământ, este de 6—7 m. Inclinarea faliilor este diferită, însă mare (45° — 80°). Direcția este deasemenea diferită.

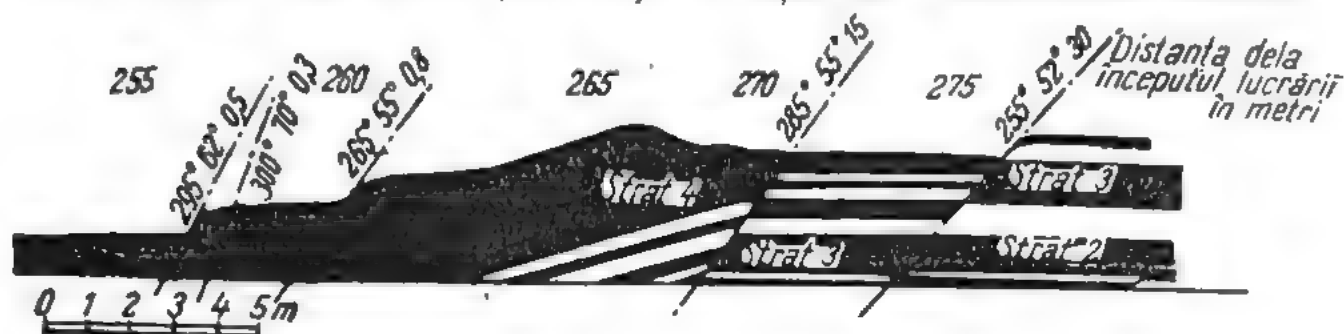


Fig. 179

Stratele de cărbuni din apropierea faliilor de ascensiune (fig. 181), ca și la cele de cădere (fig. 182), au uneori, în secțiune, ondulări caracteristice.

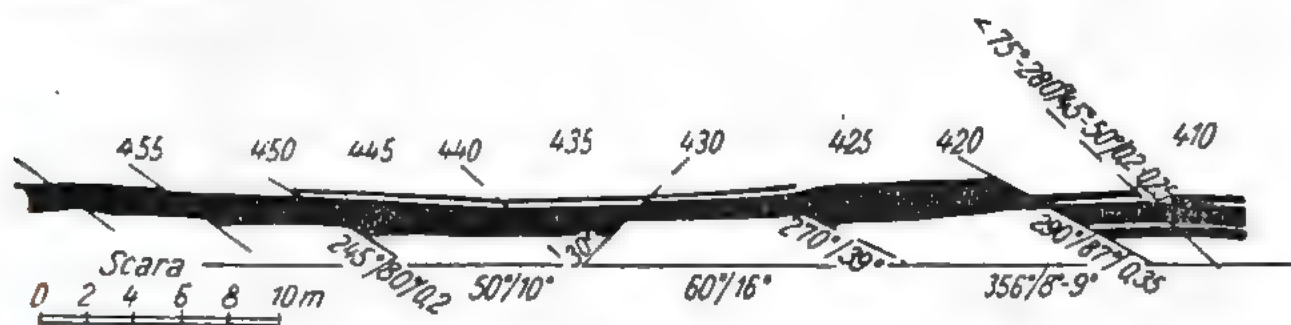


Fig. 180

Afară de formele arătate mai sus, A. S. Kumpan și I. M. Migai disting aici așa numitele dislocări conjugate, care se întâmplă atunci, când stratul de cărbuni este cuprins între două fracturi și care nu

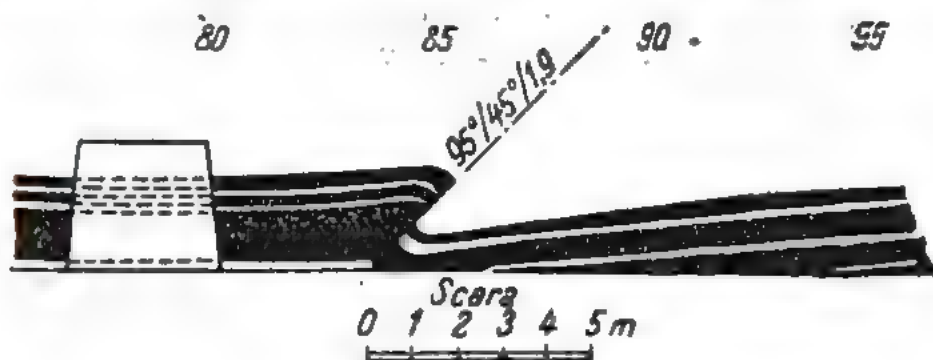


Fig. 181

străbat toată grosimea lui, ci una trece în acoperișul său și cealaltă în culcuș (fig. 183). Fracturile amintite au, de obicei, elemente de direcție și de înclinare, care sunt apropiate, prin valorile lor, și

care, față de planul stratului, pot fi paralele între ele, sau au o poziție divergentă (convergentă). Ele sunt urmărite, uneori, pe distanțe însemnate. Stratul de cărbuni cuprins între aceste fracturi se subțiază, în urma forțelor de tensiune, sau se îngroașă, în urma compresiunii. În primul caz, dislocarea se numește negativă, iar în al doilea, pozitivă.

Dislocările arătate pot fi considerate ca o transformare a stratului de cărbuni într-o masă plastică; în urma tensiunilor tectonice, aceasta se îngroașă, sau se subțiază. Alte forme de dislocare a stratului se întâlnesc mai rar, sau prezintă o asemănare cu formele enumerate

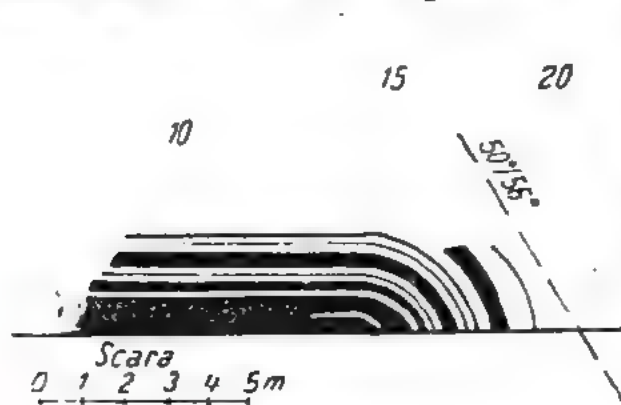


Fig. 182

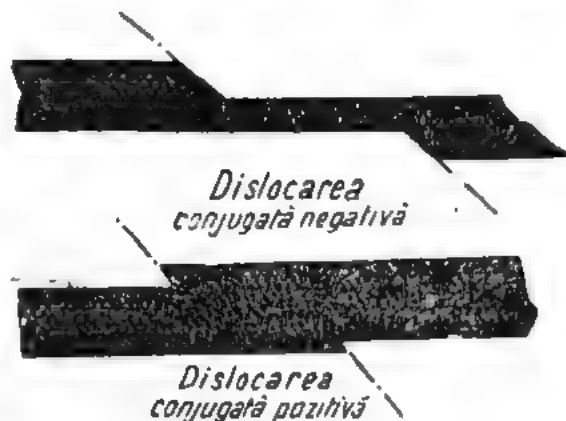


Fig. 183

mai sus. Deplasările mărunte se prezintă diferit, dela strat la strat. De exemplu, în stratul nr. 1 predomină falii de ascensiune și de cădere, care traversează stratul, trecând în culcușul și în acoperișul lui. În stratele nr. 2 și 3, dislocările mărunte se întâlnesc mai ales în forma dislocărilor conjugate. În stratele nr. 4 și 5 se dezvoltă mai ales falii de cădere.

Astfel, la dislocările cercetate în bazinul Tkvarcelsk se constată următoarele particularități:

1. orientarea N-V a formelor de structură fundamentale (plicative și disjunctive), conforme cu direcția creștelor Caucazului;
2. faliile principale au loc în partea axială a cutelor;
3. lipsa intersecțiilor dintre faliile principale;
4. legătura reciprocă dintre disjuncțiuni, care se caracterizează prin ramificații și prin variația regulată (micșorarea) a amplitudinii, în nodurile dislocării. Această particularitate se observă și în alte bazine;
5. variația maximă a unghiurilor de înclinare ale faliilor, care atinge valoarea medie de 55° ;
6. dislocările mici aparțin zonelor de fracturi puternice;
7. apariția diferită a faliilor mici în diferite strate.

La un număr mare de falii și fisuri de clivaj, observate în acest zăcământ, pentru caracteristicile lor după anumiți indici, I. M. Migai

a aplicat metoda statistică, care este folosită mult în analiza structurală. Esența metodei va fi expusă pe scurt, mai jos. S'a menționat aici numai că, pe această cale, s'a putut arăta clar, cu ajutorul stereogramelor, că pentru falieri mărunte se întâlnesc la toate stratele, maxime de concentrare a punctelor, care au elemente apropiate de așezarea în direcțiile S-V și N-E, ceea ce oglindește o predominanță a direcțiilor N-V (S-E) a faliilor mărunte. În fig. 184 este reprezentată diagrama, care caracterizează faliile cercetate în stratul

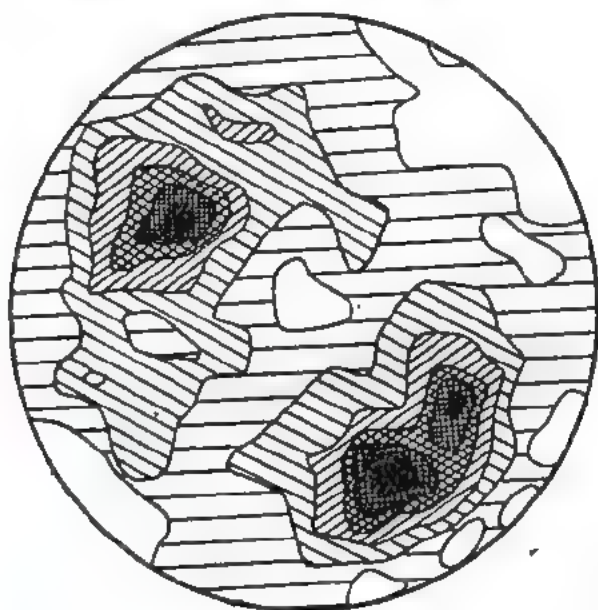


Fig. 184

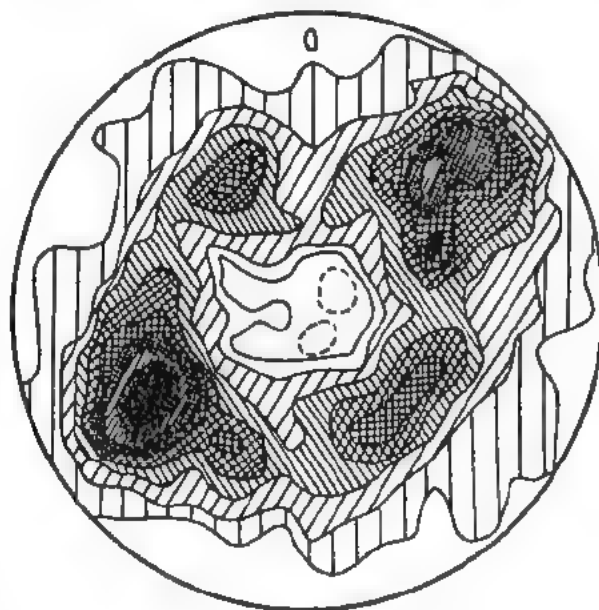


Fig. 185

nr. 3 al suprafeței II din zăcămintul dela Tkvarcelsk. Aceleași stereograme se obțin și pentru celelalte strate. Ele se deosebesc una de alta numai prin valorile maxime, care depind de numărul măsurătorilor. Rezultă că direcția faliilor mici coincide, în cea mai mare parte, cu direcțiile disjuncțiilor puternice.

Diagrame de acest fel se pot întocmi nu numai pentru strate, ci și pentru sectoare. De exemplu, fig. 185 caracterizează falierile cercetate la patru strate ale unui sector din suprafața carboniferă II. Cum rezultă din fig. 184 și 185, distribuția maximelor la unele strate distincte și la unele sectoare, după elementele de înclinare și de direcție ale faliilor este caracterizată printr-o constantă oarecare. Astfel de diagrame se pot construi pentru orice indici, care caracterizează faliile, de exemplu pentru distribuția amplitudinilor, etc. Analiza diagramelor executate a permis ca I. M. Migai să ajungă la următoarele concluzii, asupra caracteristicii faliilor mici din bazinul Tkvarcelsk, afară de cele arătate mai sus.

1. Faliile cu înclinarea spre Nord-Est au direcții mai apropiate, decât cele cu înclinare spre Sud-Vest.

Faliile cu înclinare spre Sud-Vest formează două sisteme, care fac între direcțiile faliilor un unghi de 30—35°.

2. Dislocările de proporții mari și mici au aproape același unghi de înclinare al faliilor, apropiat de 50°, unghi care este puțin mai mare la faliile din stratele din acoperiș, decât la cele din culcuș. Numărul disjuncțiilor, cu înclinarea mare sau verticală a faliilor, este mic, ceea ce denotă lipsa sau un număr limitat de dislocări de torsiune.

3. Disjuncțiile cu direcția N-E au unghiul de înclinare mai mic, decât cele cu direcția N-V. Această diferențiere nu se observă la faliile cu direcția N-V (S-E).

4. Aici are loc o uniformitate în distribuția elementelor tectonice pentru toate stratele zăcămintului și o legătură reciprocă strânsă între faliile mici și mari, cum și între dislocările plicative și disjunctive.

4. DEPLASARILE IN STRUCTURILE DIN ACOPERIȘ

Se vor analiza pe scurt particularitățile faliilor în structurile din acoperiș. Ca exemplu se va prezenta un sector de vârstă geologică tânără, însă foarte frământat.

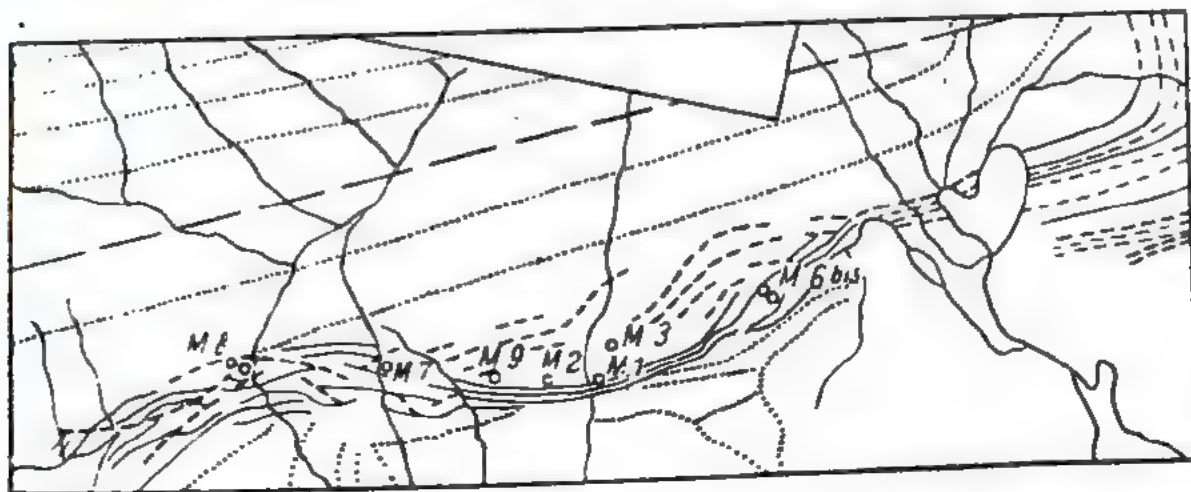


Fig. 186

Distribuția faliilor în acest sector este reprezentată în fig. 186 și 187. În prima figură, acest lucru este arătat în secțiunea orizontală, iar în a doua, în planul secțiunii verticale, se ilustrează caracterul general al faliilor din sector.

Grosimea masivului carbonifer corespunde Terțiarului inferior, care este așezat discordant pe suprafața spălată a rocilor mesozoice. Orizontul productiv este format mai ales din roce argilo-grezoase, din gresii compacte, din argile cenușii de culoare deschisă și din nisipuri. Cele din urmă apar în lentile.

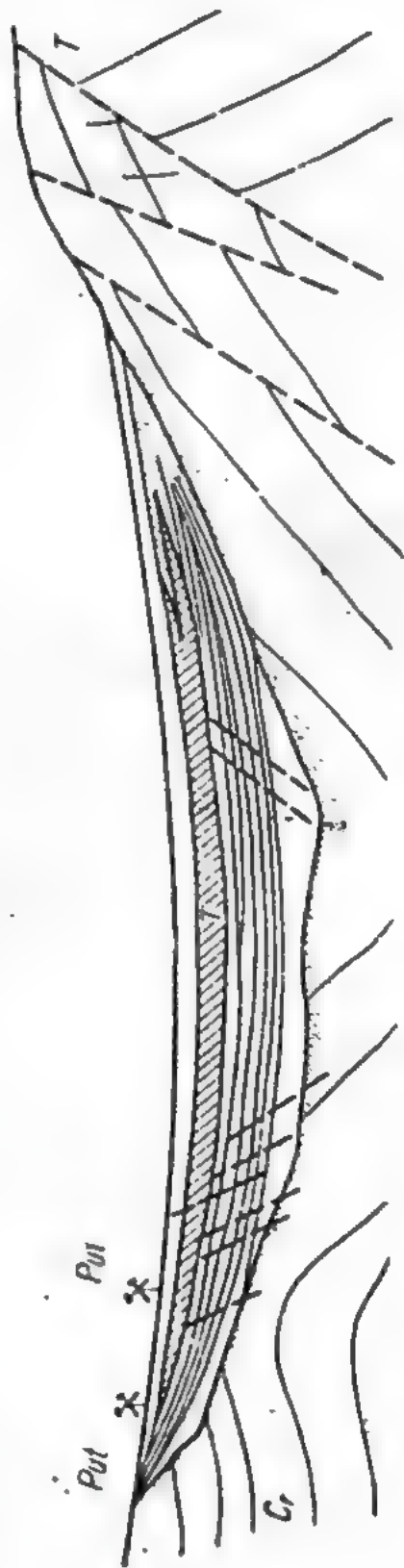


Fig. 187

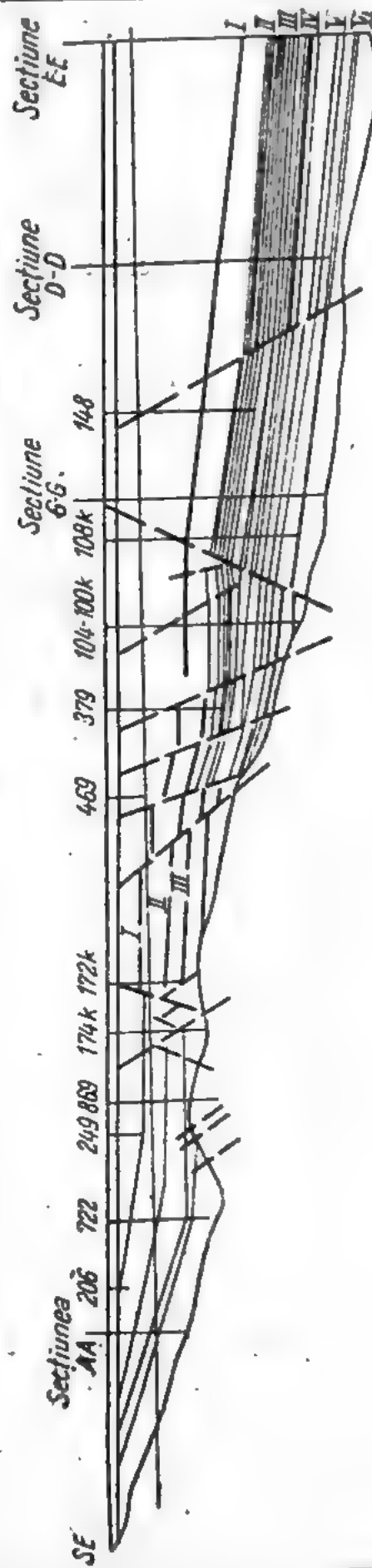


Fig. 188

Rocele argilo-grezoase se deosebesc prin variația puternică a compoziției litologice. Între ele sunt așezate stratele de cărbuni. În culcușul stratului inferior sunt așezate argile plastice.

Rocele mesozoice din culcuș sunt reprezentate, în zona de contact cu masivul carbonifer, prin conglomerate sfărâmate, prin gresii cuarțoase și prin feldspat.

Stratele de cărbuni se ramifică adeseori, apoi se unesc din nou, dând o hipsometrie complicată a stratelor și o grosime foarte variabilă.

Cel mai bine păstrat se prezintă stratul nr. 4.

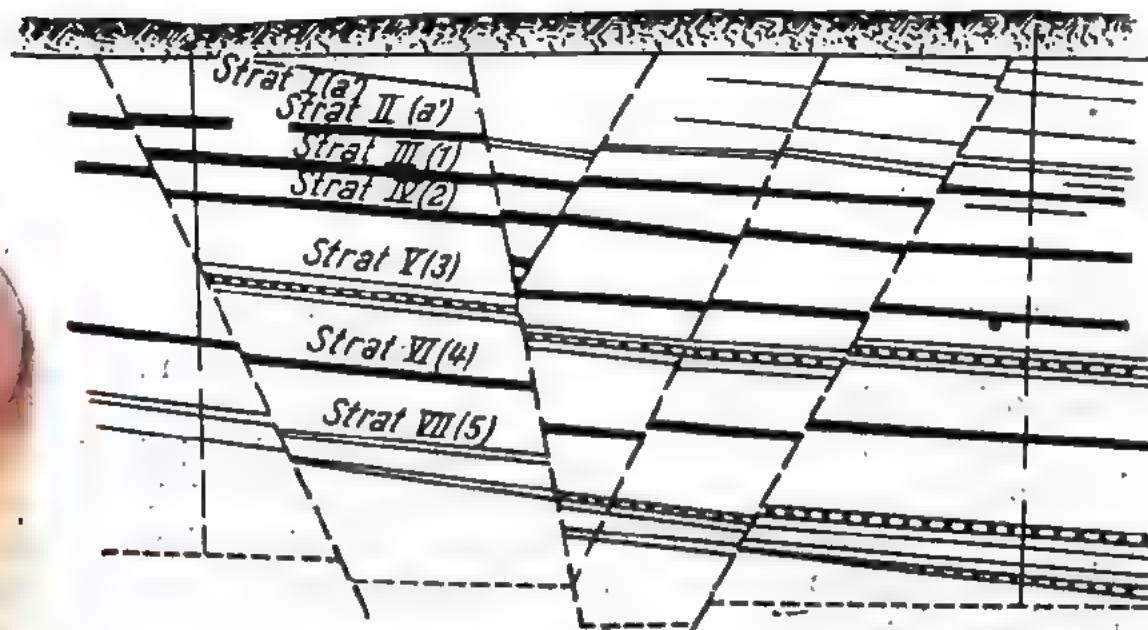


Fig. 189

Flancul de Sud-Est al cutoi sinclinale, în limitele căruia se găsește sectorul, are direcția S-V și înclinarea spre N-V. de 6—8°. Înclinarea se mărește puțin spre aflorimente, atingând 25—30°.

Cum rezultă din fig. 186-187, sectorul este divizat de o serie de dislocări aproape longitudinale, mai ales de falii cu înclinare conformă.

Din secțiunea geologică (fig. 187) și din secțiunea după direcția de explorare IV-IV (fig. 188), care s'a construit la scară mai mare, rezultă că rețeaua cea mai deasă de falii este legată de ivirile de roca mesozoice. Toate deplasările observate prezintă dislocații disjunctive de ascensiune, cu amplitudinea de deplasare variabilă, pe direcția și în planul vertical. Mărimea amplitudinii variază dela imperceptibilă, până la 15—20 m. Numărul faliilor se micșorează la trecerea dela stratele inferioare, la cele superioare. De exemplu, s'au constatat, după lucrările miniere din câmpul unei mine, 40 de falii în stratul IV, 25 în stratul III, 5 în stratul II și niciuna în stratul I. În lucrările

miniere, la alte mine ale sectorului, s'au constatat, chiar în stratele superioare, 15—20 falii de fundamentale. Numărul lor, în stratele inferioare, crește evident.

Caracterul de ascensiune al faliilor este ilustrat, deasemenea, prin secțiunea verticală a câmpului minei, transversal pe direcția rocilor (fig. 189). Este de remarcă că, într'o serie de cazuri, se găsesc două

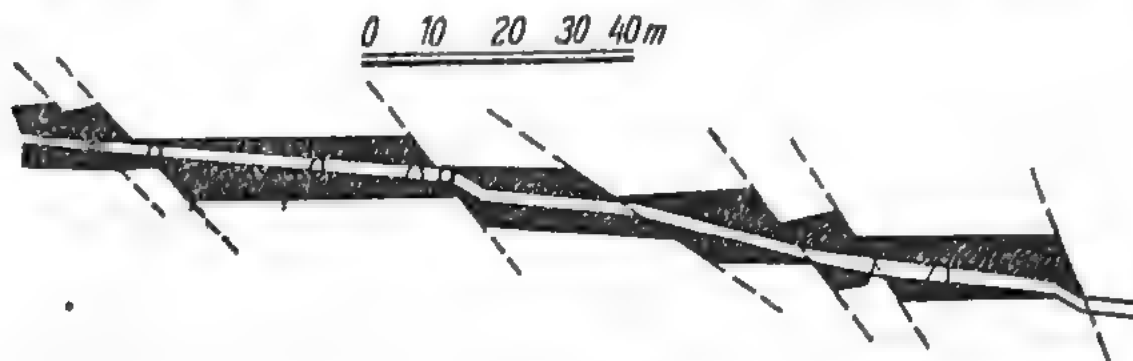


Fig. 190

sisteme de fracturi, dintre care sistemul de înclinare conformă aparține faliilor principale, de dimensiuni mai mari. Al doilea sistem de fracturi ocupă o poziție subordonată.

În fig. 190 este reprezentată secțiunea după planul înclinat al minei, care ilustrează frământarea puternică a sectorului, prin disjuncțiuni mici. În cele mai multe cazuri, faliile sunt exprimate distinct de oglinzi de fricțiune și sunt însoțite de o umplutură argilooasă, mai ales în dislocările mari. Din cauza prezentării lor clare și precise,

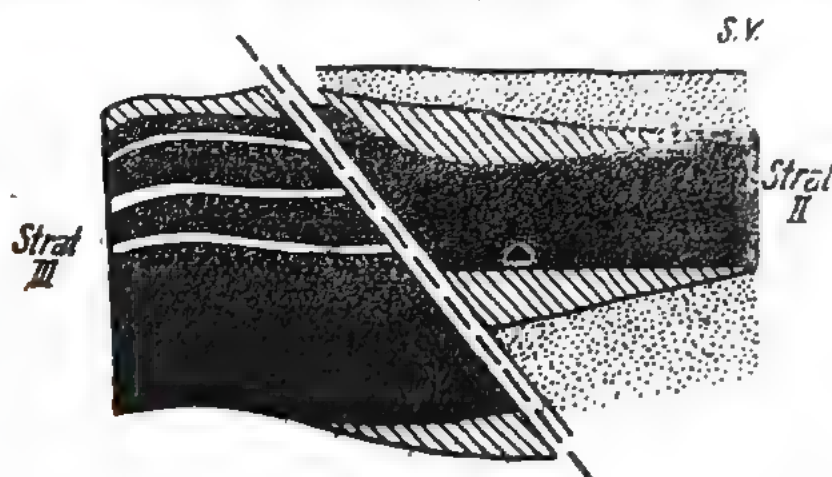


Fig. 191

care se observă în lucrările miniere, faliile se documentează ușor. Ele se prezintă sub forma unui plan (fig. 191) sau printr'o serie de fracturi (fig. 192-193).

În multe cazuri, se pot observa urme de antrenare, care indică sensul deplasării relative. Aceasta se poate observa în schițele indicate

mai sus și, mai precis, în fig. 194, care aparține, ca și cele precedente, documentației lucrărilor miniere din secțiunile frământate ale minei. Particularitățile dislocărilor disjunctive, arătate mai sus, sunt asemănătoare cu particularitățile observate în așa numitele structuri din acoperiș, atunci când masivul productiv reacționează la mișcările principale, venite dela baza inferioară, cu o stare mai rigidă. Colaboratorii locali ai serviciului geologic explică această situație, analizând faliile sectorului dat, ca fiind rezultatul acțiunii forțelor radiale asupra grosimii masivului carbonifer, iar micșorarea numărului faliilor înspre stratele superioare este explicată ca rezultatul acțiunii de compensare a masivului carbonifer, asupra mișcării fundamentului mesozoic.

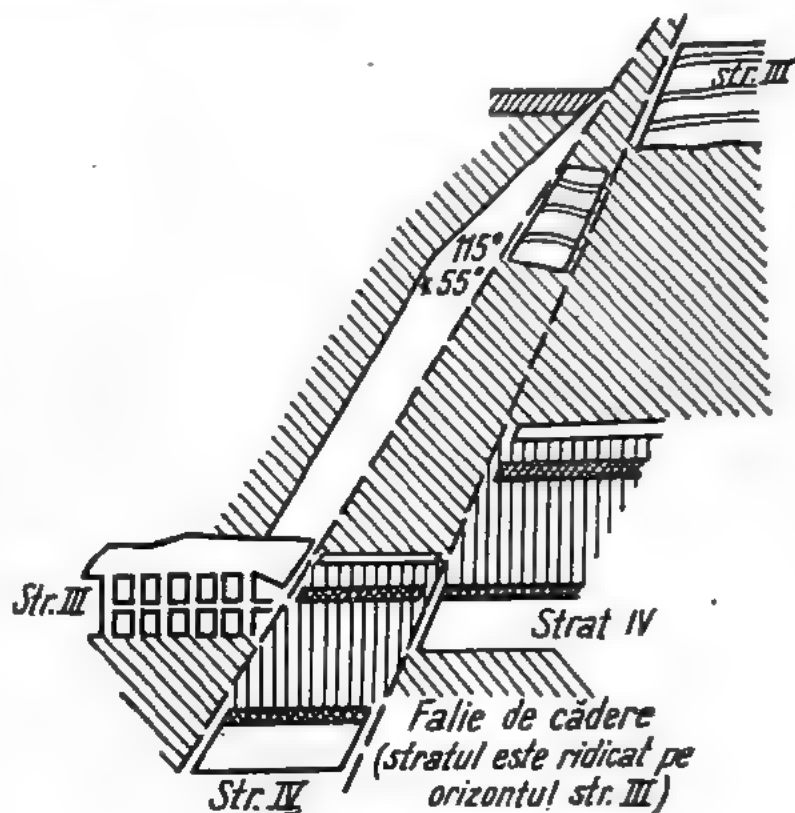


Fig. 192

Ipoteza expusă este confirmată prin faptul, că apariția formațiunilor mesozoice în zona de contact cu depunerile carbonifere, după cele observate în mine, este însoțită de fracturi cu oglinzi de fricțiune pronunțate și cu umplutură argilooasă.

Caracterul exclusiv de cădere a faliilor, observat la toate minele zăcământului, cum și precizia exprimării lor, permit destul de ușor să se rezolve problema găsirii părții faliato a stratului.

În adevăr, din fig. 195 rezultă că flancul cercetat al stratului (linia dublu punctată) se găsește după falia care a fost întâlnită cu lucrarea minieră în punctul k sau k_1 : a) în sensul înclinării faliei, dacă falia în punctul k este în cădere față de observator și b) în sensul opus înclinării faliei, dacă în punctul k_1 aceasta este înclinată spre observator.

Acestea sunt câteva exemple, care dau o imagine despre caracterul faliilor, observate în timpul explorării și al exploatării zăcămintelor substanțelor minerale utile.

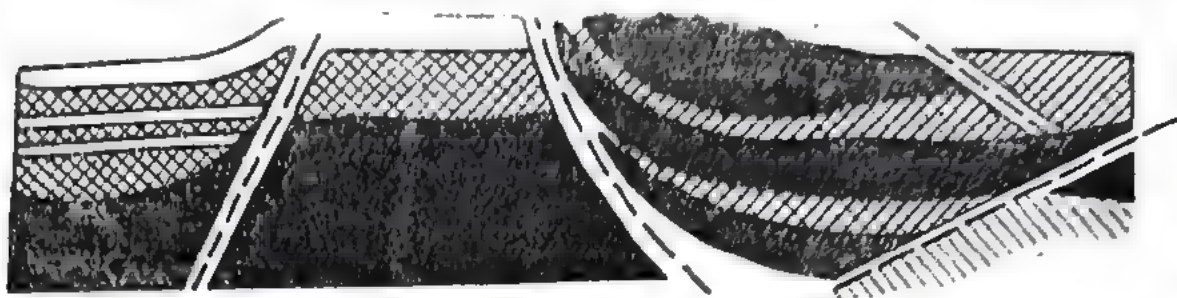


Fig. 193

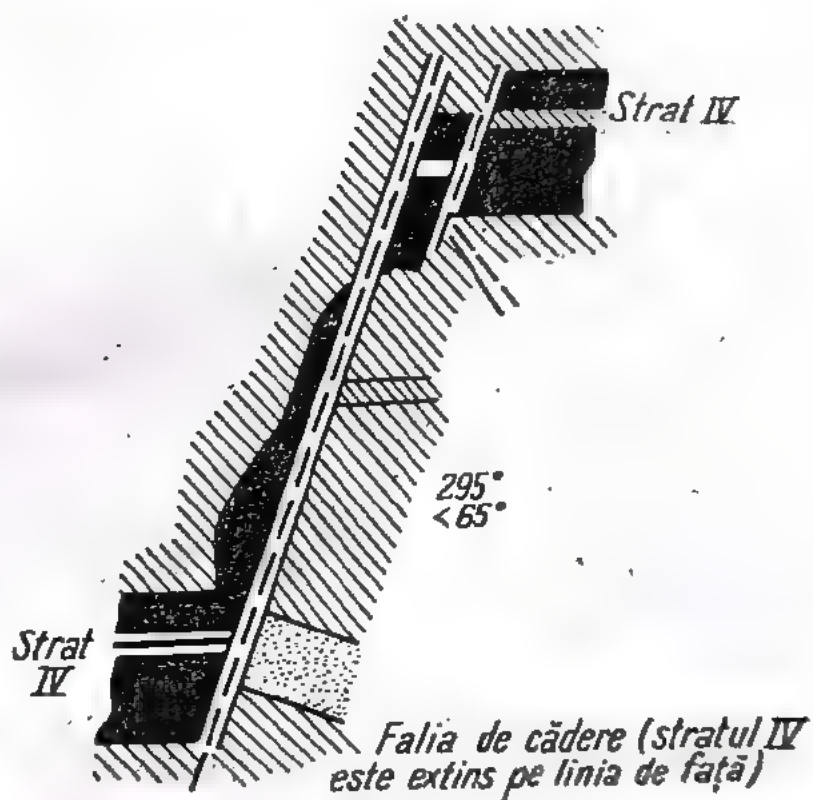


Fig. 194



Fig. 195

§ 5. OBSERVAȚII, PRELUCRAREA DATELOR ȘI DOCUMENTAREA ÎN CERCETAREA FALIILOR

S'a arătat mai înainte că prezența faliilor complică condițiile de explorare și de exploatare ale zăcămintelor substanțelor minerale utile. La executarea lucrărilor geologice de explorare, faliile îngreuează descifrarea structurii zăcămintului și, prin aceasta, complică organizarea lucrărilor de explorare.

La exploatarea zăcămintului, faliile împiedică dezvoltarea planificată a lucrărilor de pregătire și de abataj, cer permanenta acomodare a sistemelor și a metodelor de exploatare, în raport cu condițiile naturale, care se schimbă des și prin urmare, deranjează ritmul normal de lucru al întreprinderii.

În scopul organizării raționale a lucrărilor indicate și pentru reducerea influenței defavorabile a faliilor, acestea sunt studiate sistematic, la orice întreprindere minieră, de serviciile topografice miniere și geologice.

Pe teren, faliile se observă direct, sau prezența lor se constată, după o serie de semne. Aspectul lor este foarte diferit. Semnele care arată direcția deplasării flancurilor sunt urmele (șanțurile și sgârieturile) de pe oglinzile de fricțiune, urmele de antrenare în zona faliei și compoziția rocilor de umplură a fracturilor. Semnele care indică apropierea faliei mari sunt fracturile însoțitoare, o cutare pronunțată (plisaj) a stratelor, prezența strangulărilor și a umflăturilor în strate separate. Unele falii sunt atât de vizibile, încât deodată se poate rezolva problema caracterului și a dimensiunilor lor. Destul de rar se pot observa falii cu toate elementele lor.

Invers, de cele mai multe ori este nevoie să se studieze aceste elemente, pe baza semnelor abia perceptibile, sau după elementele distincte, pentru stabilirea cărora se cer observații speciale și minuțioase, sau o confruntare a faptelor. Faliile sau semnele lor distincte se observă în desvelirile naturale și artificiale ale rocilor, adică după aflorimentele lor, în lucrările geologice de explorare și în lucrările miniere.

Faliile mari se stabilesc în urma cartării geologice. Detaliile structurii unui sector sau a altuia, se lămuresc prin explorare și prin exploatare miniere.

La zi, în desveliri favorabile, escavații, viroage, malurile râurilor, etc., faliile se observă uneori foarte bine. În aceste cazuri, determinarea elementelor de înclinare și de direcție ale faliei, caracteristică zonei celei din urmă iar, la existența oglinzilor de fricțiune pronunțate, determinarea sensului de deplasare a unui flanc față de altul, nu întâmpină nici o greutate.

Schițarea desvelirilor și măsurarea mărimilor liniare și unghiulare accesibile, caracterizează falia într'un punct dat. Acest punct

se trece pe hartă, fie prin apreciere cu ochiul liber, fie după rezultatele ridicării. La fel se fac observațiile și în alte puncte ale deschiderii (aflorare), dacă în ele falia este deasemenea clar exprimată, indiferent dacă aceste desveliri la suprafață sunt naturale sau artificiale. Pe un teren șes deschis, faliile nu se pot vedea direct, ci ele se determină prin cartarea aflorimentelor rocilor. Numai prin prezența dislocărilor disjunctive se poate explica, cu ajutorul

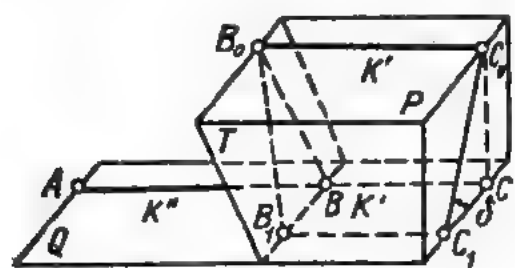


Fig. 196

strate, perturbări în succesiunea lor normală, trecerea bruscă dela o structură la alta, etc.

Faliilor apărute la suprafață trebuie să li se acorde o deosebită atenție, deoarece o suprafață bine desvelită dă o imagine completă a distribuției și a comportării faliilor pe suprafețe mari, în secțiune orizontală sau, mai bine zis, aproape

de orizontală. Este necesar însă să se țină seamă că, după poziția reciprocă a stratelor separate prin falie, în aflorimente, se poate aprecia numai amplitudinea orizontală a deplasărilor, însă nu se pot stabili precis direcția și sensul deplasării, întrucât diferite deplasări pot da, în plan orizontal, același efect.

Fie poziția inițială ABC a stratului într-o secțiune orizontală oarecare Q (fig. 196), după care partea din dreapta a stratului s'a ridicat până la un nivel oarecare P , după o direcție de fractură T . Partea din dreapta a stratului a ocupat poziția $B_0 C_0 C_1 B_1$, în inter-

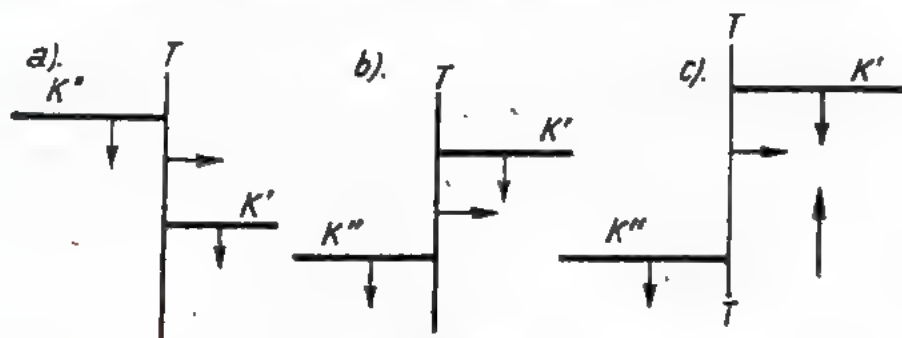


Fig. 197

valul dintre planele Q și P , pentru același unghi δ de înclinare al stratului. Fie că procesele de eroziune au nivelat partea ridicată a stratului. În acest caz, poziția flancurilor în planul Q se va determina prin segmentele \overline{AB} și $\overline{B_1C_1}$. În acest mod, la un caracter de ascensiune a faliei, flancul suspendat al stratului K' se deplasează în secțiune orizontală, în sensul înclinării stratului, adică în afloriment va fi efectul arătat în fig. 197, a.

Este ușor de imaginat că, la un caracter de cădere a faliei, efectul va fi același, adică la o falie pozitivă, flancul suspendat al stratului se deplasează în secțiune orizontală, în sensul opus înclinării stratului, cum rezultă din fig. 197, *b*. Exact aceleași rezultate, în secțiunea orizontală, vor fi la falia de alunecare, în sensul arătat cu săgeată, în fig. 197, *c*.

Rezultă că deplasarea vizibilă în desvelirea suprafeței orizontale nu dă nici sensul real, nici sensul condiționat al deplasării, adică nu permite să se

raporteze falia observată la o grupă sau la alta. Pentru aceasta sunt necesare elementele așezării, sensului real al deplasării, stabilite după urmele de pe oglinziile de fricțiune, sau după elementele de înclinare și de direcție ale faliei și după poziția liniei de intersecție.

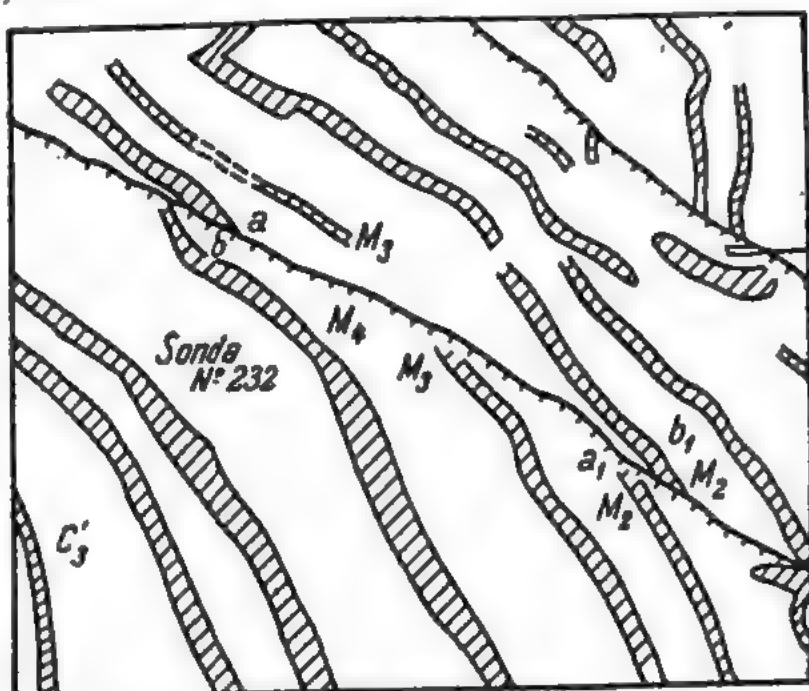


Fig. 198

Determinarea poziției orizontale stratigrafice identice, în aflorimente, soluționează problema practică fundamentală, după care se poate aprecia poziția probabilă, într'un orizont sau în altul, al flancului stratului deplasat.

Pentru ca să se asigure legătura corectă între datele dela zi și cele subterane, ridicarea aflorimentelor rocilor sau a desvelirilor separate trebuie să se facă instrumental, cu precizia necesară acestui scop.

Ca exemplu, se reprezintă în fig. 198 un asemenea fel de ridicare a aflorimentelor de calcare. Corelația calcarelor determină aici, clar, poziția faliei la suprafață și dă o imagine a sensului deplasării în plan orizontal. De exemplu, dacă stratele ar fi tăiate de falii în punctele *a* și *a*₁, direcțiile lucrărilor miniere, pe distanța cea mai scurtă, înspre partea deplasată, ar fi *ab* și *a*₁*b*₁.

Caracteristica faliilor la o adâncime sau alta se obține din observațiile asupra lucrărilor miniere de explorare geologică sau de exploatare și asupra celor executate în strat (zăcământ). Deaceia, în toate punctele de întâlnire a lucrărilor miniere cu falia se fac observațiile, adică măsurătorile elementelor de înclinare și de direcție

ale faliei și schițele și, la nevoie, se întocmesc secțiunile orizontale și verticale, în lungul acestor lucrări miniere. Fig. 199 ilustrează un exemplu al felului cum trebuie întocmite acestea din urmă: Metodele de determinare a elementelor de înclinare și de direcție ale faliei, ale liniei de încrucișare și ale unghiului ν , după mărimile măsurate direct pe teren, sunt cunoscute din paragrafele anterioare și nu mai are sens să se revină asupra acestei părți de prelucrare a observațiilor.

Scara schițelor variază, în limite mari, de la 1:10 până la 1:50, în funcție de dimensiunile și de complexitatea obiectului schițat. Secțiunile după galerii se fac la scara 1:50 până la scara 1:200. Exemple de schițe și de întocmire a secțiunilor prin lucrări miniere au fost arătate mai sus în măsură suficientă, în partea care precede acest capitol.

În multe cazuri, la întâlnirea faliei cu o galerie, și când falia se prezintă sub forma unei zone frământate, nu se poate obține nicio indicație asupra elementelor de înclinare și de direcție ale faliei, asupra sensului de deplasare și a altor date, afară de situația punctului de întâlnire, care aparține faliei și masivului zonei de frământare. Aceste date sunt totuși, foarte importante deoarece totalitatea lor va determina forma suprafeței faliei și poziția sa în spațiu.

În sonde, poziția faliei se stabilește după zona de frământare și după poziția orizonturilor stratigrafice întâlnite.

Pentru folosirea mai comodă a materialului, care caracterizează într'un flanc sau altul falia în puncte distincte, este bine ca toate datele culese să se sistematizeze într'o evidență, după modelul arătat mai jos.

Nr. faliei	Numărul minei și a galeriei	Numărul faliei	Poziția „punctului” faliei			Elementele de așezare a faliei, unghiul faliei	Numărul și mărimea amplitudinii	Grosimea zonei de sfărâmare	Nr. jurnalului de teren și pagina	Observații
			x	y	z					

Complexitatea evidenței poate fi definită. Notarea falilor, mai ales când acestea se prezintă în număr mare, este comodă să se facă numeric, în ordinea descoperirii lor prin lucrările miniere de explorare și de exploatare, lăsând numirile lor proprii numai în cazurile, când, prin dimensiunile lor, nu ocupă un singur câmp minier, ci mai multe, adică au o valoare regională.

Datele culese, sistematizate în modul arătat, prezintă datele de plecare pentru întocmirea planurilor, a hărților, a secțiunilor generale și a altor materiale de situație, necesare folosirii lor operative, sau clasificării sectoarelor vecine.

Observațiile și documentarea primară se prelucerează și se sistematizează pe măsura necesității sau periodice, de exemplu odată pe an, cu ocazia întocmirii raportului despre această prelucrare.

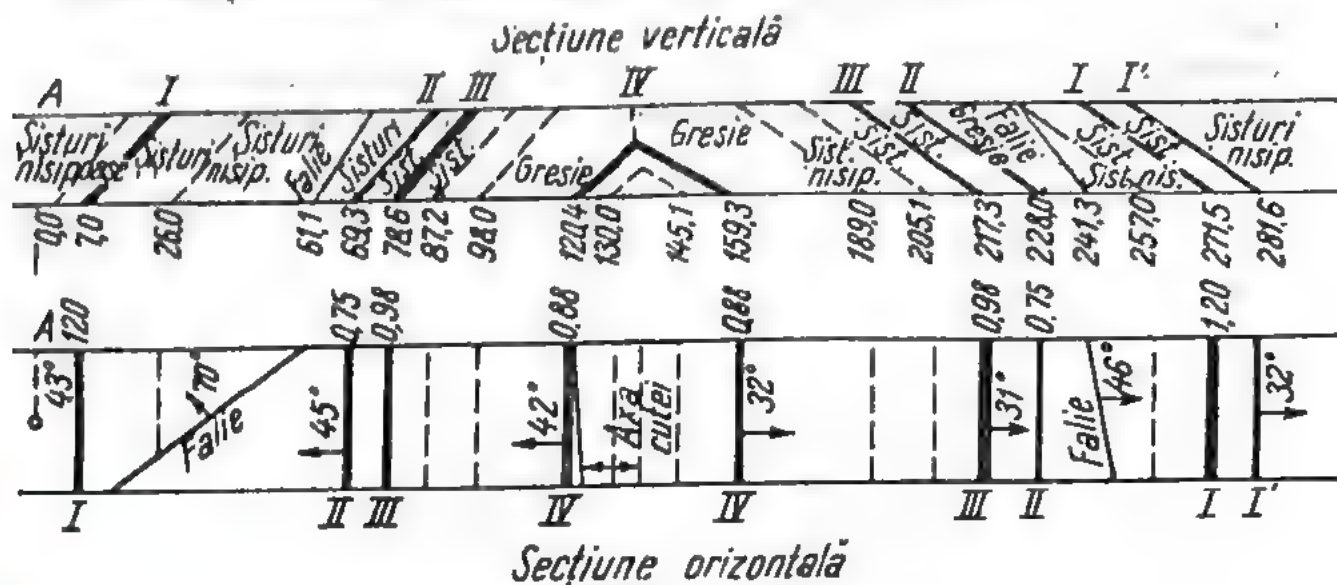


Fig. 199

Acastă atitudine față de prelucrarea materialelor primare mărește valoarea lor și posibilitatea de folosire.

Planurile și secțiunile topografice miniere trebuie să reflecte cât mai complet frământarea zăcămintului.

Ca exemplu de reprezentare a falilor sau a unei rețele de falii pe secțiuni genarale, poate servi reprezentarea faliei mari dela

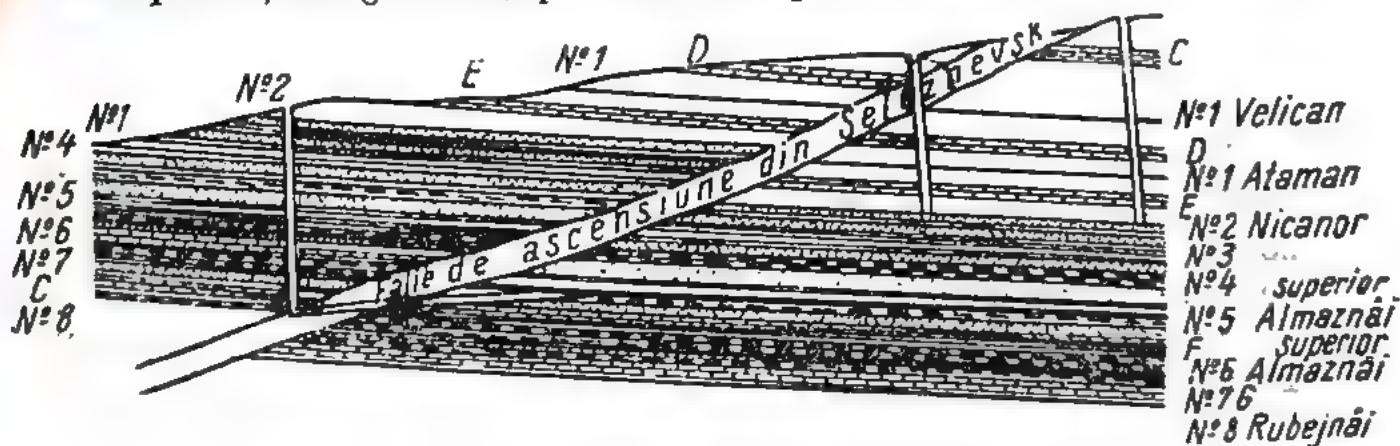


Fig. 200

Seleznjevsk (fig. 200) sau a unei serii de secțiuni arătate mai sus. Totalitatea secțiunilor după o serie de direcții permite reprezentarea suprafeței faliei, sub forma unui plan hipsometric (fig. 201), atât de necesar întocmirii planelor hipsometrice pentru strate separate.

La un număr, de obicei limitat, de puncte, care aparțin faliei, pentru construirea planului hipsometric, se pot obține punctele complementare pe cale constructivă, bazându-ne pe invariabilitatea observată a unghiului de falie v, în limitele uneia și aceleiași disjuncțiuni.

Pentru aceasta se folosește metoda secțiunilor normale la linia de intersecție, cum și metoda secțiunilor verticale perpendiculare pe proiecțiile liniilor de încrucișare.

Scara pentru planul hipsometric al faliei și secțiunea curbelor de nivel se iau în concordanță cu condițiile întocmirii întregului ansamblu al planurilor structurale, despre care se va vorbi mai jos, în Cap. „Geometrizarea zăcămintelor de substanțe minerale utile”.

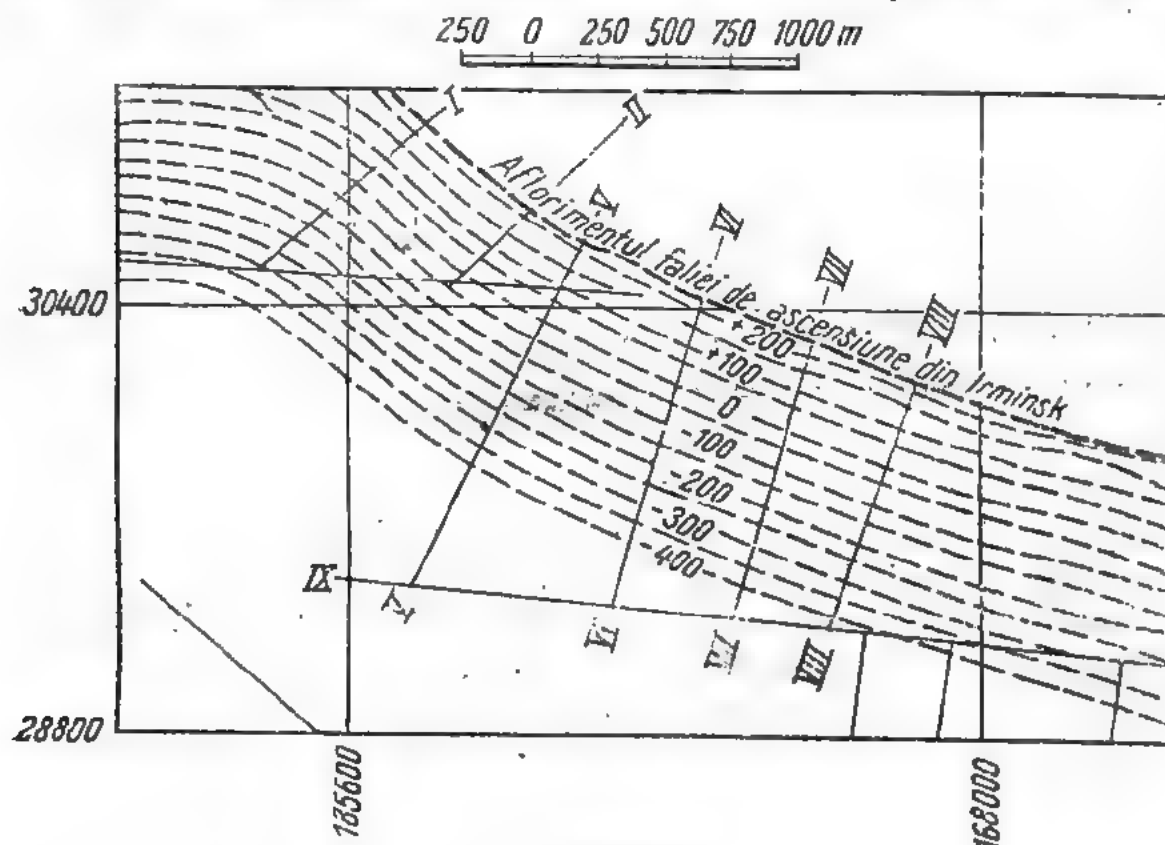


Fig. 201

Din cele expuse rezultă că faliile, privite ca elemente de structură, prezintă o deosebită importanță; deaceia, toate concluziile care se referă la ele, trebuie să fie justificate. Acest lucru este posibil, în cazul când studiul se bazează pe un număr mare de observații sigure. Totalitatea observațiilor permite o apreciere mai corectă a valorii relative a diferitelor sisteme și forme de falii, a legăturii reciproce dintre ele și elementele faliilor, și a determinării cu mai multă siguranță a valorii medii a indicilor separați, drept valoarea lor cea mai probabilă. În cazul unui număr mare de măsurători ale elementelor de așezare și, mai ales, la multiplele dislocări mărunte, cum s'a văzut în exemplul zăcămintului dela Tkvarcelsk, fără o prelucrare corespunzătoare este grea soluționarea unei serii de probleme, care se referă la caracteristica faliilor. În primul rând, este important să se clarifice orientarea faliilor indicate, pentru ca să se poată aprecia raporturile faliilor mici față de elementele structurilor mai mari. Pentru aceasta, de multe ori se construiesc diagrame

(radiale) ale fracturilor, în cazul dat, razele falilor. Metoda construcției diagramei este foarte simplă. Dintr'un centru oricare se desegnează raze la anumite intervale, de exemplu din 5 în 5° și pe ele, cu totul arbitrar, însă la aceeași scară, se aşează, începând dela centru, numărul falilor după direcția dată. Dacă se unește prin drepte punctele astfel obținute, se obține o diagramă destul de evidentă.

La o precizie de ridicare a direcției de 1—2°, intervalul de 5° între raze corespunde acestei precizii.

Diagrama arată caracterizează în mod evident numai o grupă de măriri a direcției falilor, însă pe ea nu se poate preciza al doilea element, care determină poziția falilor, și anume unghiul lor de înclinare.

Acest desavantaj al „razei fracturilor” face să se prefere diagrama, mult mai folosită în analiza structurii și care se bazează pe aplicația proiecției azimutale de aceeași mărime.

În această proiecție (6), suprafața sferei se transpune pe planul imaginii, care este tangent la polul sferei, cu condiția ca punctele care se găsesc pe sferă, la echidistanțe de punctul de tangență (pe o paralelă), să se aranjeze în proiecție tot după un cerc, având ca centru punctul de tangență (polul).

Este ușor de imaginat că secțiunile planelor verticale la sferă (meridianele) se vor reprezenta în planul de proiecție prin drepte, care pornesc radial dela pol, iar paralelele se vor proiecta în cercuri concentrice, raza fiecăruia trebuind să îndeplinească condiția, ca suprafața sferei să fie egală cu suprafața segmentului sferic corespunzător.

Din teoria proiecțiilor cartografice (6) este cunoscut că expresiile analitice ale condițiilor arătate, condițiile de egalitate, se exprimă cu formula

$$r = 2R \sin \frac{\theta}{2}, \quad (4.19)$$

în care: R este raza sferei;

θ — distanța zenitală;

r — raza cercului în planul proiecției.

De obicei se reprezintă în plan sistemul meridianelor și al paralelelor din emisfera superioară. Intervalele dintre meridiane și paralele se iau aceleași, de obicei de 5°. Precizia datelor de plecare nu cere micșorarea intervalului. Această reprezentare a semisferei se numește rețea de proiecție și se folosește la rezolvarea diferitelor probleme geometrice.

La construcția diagramei, care caracterizează falile, în același timp pe direcție și pe înclinare, este mai ușor să se folosească normala la falie, căci atunci fiecare falie se va reprezenta în rețea printr'un punct. Sensul normalei se ia în sus. Citirea unghiurilor de înclinare pe rețea se face dela centru.

După ce s'au trasat toate normalele sau polurile pe rețea sau pe hârtia de calc aplicat pe rețea, se va obține diagrama punctelor, în limita cercului de proiecție. Distribuția punctelor pe diagramă caracterizează orientarea faliilor și gruparea lor, după elementele lor de înclinare și de direcție. Diagrama punctată indicată este destul de comodă pentru un număr mic de măsurători ale elementelor așezării faliilor. Pentru un număr mare de observații, diagrama punctelor este mai puțin clară. Pentru a se obține cât mai multă claritate, diagrama se supune unei prelucrări suplimentare, care se bazează pe proprietatea fundamentală a proiecției aplicate, și anume că echidistanța permite să se valorifice (aprecieze) intensitatea punctelor diagramei. În acest scop, diagrama punctelor reprezentată pe hârtia de calc se așează pe o rețea de pătrate, de exemplu cu latura de 1 cm, sau pe hârtie milimetrică, și se calculează intensitatea punctelor (polurile planelor), pe toată suprafața diagramei. Aceasta se poate realiza prin diferite metode. Se poate executa numărătoarea punctelor în interiorul fiecărui pătrat al paletii și se poate raporta pe diagramă la centrele corespunzătoare ale pătratelor. Numerele obținute în valoare absolută sau relativă vor apărea în genul cotelor numerice așezate regulat, în limitele diagramei, și care caracterizează, în limitele ei, intensitatea punctelor. Mai des, la aceasta se folosește expresia relativă a cifrelor arătate, pentru care se ia numărul punctelor din interiorul fiecărui pătrat și se împarte la numărul total de puncte ale diagramei, iar câțul se înmulțește cu 100.

Acest calcul se poate face, după cum se practică în analiza structurală (28), cu ajutorul unui cerc tăiat în hârtie, sau cu o placă de celuloid. Suprafața cerculețului se ia, adeseori, egală cu 1% din suprafața cercului de proiecție; deaceia, la diametrul rețelei (cercului de proiecție) egal cu 20 cm, diametrul cercului mic va fi egal cu 2 cm. Se pot lua și alți diametri la cercului mic, mai mici sau mai mari decât cel indicat, în funcție de gradul de detaliere sau de generalizare caracteristică faliilor. Cercul se așează apoi pe diagrama punctată, astfel încât centrul său să coincidă cu unele dintre colțurile pătratului rețelei. Toate punctele diagramei, situate în limitele acestui cerc mic, se numără, și numărul obținut se raportează la centrul cercului, sau, ceea ce este identic, la punctul din colțul pătratului paletii. Așezând astfel cercul mic, succesiv, deasupra fiecărui punct de colț al paletii pătrate și executând la fel, de fiecare dată, numărătoarea punctelor în interiorul lui, se vor obține, pentru întreaga suprafață a diagramei, cotele așezate regulat, exprimate ca și mai înainte, în valori absolute sau relative. Rămâne de unit, prin drepte punctele cu cote egale sau cu aceeași intensitate și se obține o diagramă destul de simplă și clară. După forma suprafeței, aceasta se mai numește,

adeseori, diagrama circulară, iar după esența conținutului se numește diagrama de orientare a fracturilor.

Pentru a obține o diagramă mai sugestivă, suprafețele cu aceeași intensitate se hașurează în mod corespunzător, sau se colorează. Uneori, se evidențiază numai locurile cu maxime.

Diagrama astfel întocmită dă caracteristica generală a faliilor, după măsurătorile elementelor lor de înclinare și de direcție, în limita stratului (fig. 184), sau a sectorului (fig. 185) și permite să se aprecieze sistemele de falii întâlnite și valoarea medie a elementelor de înclinare și direcție ale unui sistem sau al altuia. Este util să se întocmească diagrame analoage pentru analiza fracturilor clivajului, unde numărul de măsurători poate fi deosebit de mare.

Cum s'a arătat mai sus, prin metoda descrisă se pot caracteriza faliile și după alți indici, de exemplu, evidențiind legătura dintre amplitudinea dislocărilor și elementele de înclinare și de direcție. Se pot stabili legături generale ale valorilor determinate ale amplitudinilor medii cu unul dintre sistemele de dislocare.

§ 6. TRASAREA LUCRĂRILOR MINIERE ÎN PARTEA DEPLASATĂ A STRATULUI (ZĂCĂMÂNTULUI)

La executarea lucrărilor miniere de explorare și de exploatare în sectoarele dislocate, trasarea justă inițială a lucrărilor miniere de explorare, cum și a celor de deschidere înspre partea deplasată a stratului (zăcământului), prezintă cea mai mare importanță practică.

Lucrările miniere de explorare se trasează pentru a stabili forma faliei și pentru a determina mărimea amplitudinii de deplasare, după care devine posibilă rezolvarea corectă a problemei asupra direcției lucrărilor miniere de deschidere a părții deplasate a zăcământului.

Prima condiție fundamentală, care se pune explorării flancului deplasat, constă în obținerea răspunsului relativ la felul faliei întâlnite (pozitivă sau negativă).

La rezolvarea acestei probleme, înainte de toate se clarifică dacă falia întâlnită în punctul dat nu este continuarea disjuncției deja studiate. Dacă se confirmă aceasta, problema despre felul faliei și, uneori, chiar despre mărimea amplitudinii deplasării, nu necesită o clasificare suplimentară.

În acest caz, prin trasarea lucrării miniere se poate urmări scopul de a preciza numai mărimea amplitudinii de deplasare și să se lămurească condițiile geologice din flancul deplasat.

La întâlnirea disjuncției pentru prima dată se studiază atent semnele directe, care arată sensul de deplasare al părții explorate a zăcământului, ca: sgârieturile și șanțurile de pe oglinzile de fricțiune, ondulațiile zăcământului, urmele de antrenare, sau prin confruntarea secțiunii rocilor dintr-o parte și cealaltă a faliei.

Scanned with CamScanner



După stabilirea felului faliei, fiind cunoscute elementele de înclinare și direcție ale flancului dat al faliei și

Concomitent cu raportarea rocilor întâlnite la unul sau altul dintre orizonturi, la rocele din culcuşul sau din acoperişul zăcământului, este posibilă determinarea aproximativă a amplitudinii de deplasare, după normala la flancuri, şi de la ea se trece la determinarea aproximativă a amplitudinii de deplasare după direcţiile de dublare ale straturilor, propriu felului faliei. Cu aceasta se rezolvă a doua problemă fundamentală de explorare, — determinarea direcţiei şi a lungimii lucrării miniere trasate înspre flancul deplasat al zăcământului.

Aprecierea comparativă a direcției de dublare a stratului se poate face folosind metode grafice, cunoscute din cecece s'a expus mai sus, sau prin calcul după formulele (4.8)-(4.18). Alegând apoi dintre direcțiile calculate pe cea mai favorabilă (nu este obligatoriu cea mai scurtă), se trasează în lungul ei o lucrare minieră de explorare sau de deschidere a flancului deplasat, în cazul necesității de precizare a amplitudinii și a condițiilor geologice. Aceasta este calea de soluționare a problemei geometrice fundamentale la explorare și la exploatarea sectorului dislocat.

Se va prezenta un exemplu aplicat la condițiile geologice din bazinul Donetului.

Fie un punct oarecare a (fig. 202), unde galerie direcțională în stratul l_3 a întâlnit o falie. Elementele de așezare ale flancului, prin care s'a întâlnit dislocarea, sunt determinate și egale cu: $\alpha = 115^\circ$ și $\delta = 55^\circ$. Elementele de înclinare și de direcție ale faliei sunt măsurate cu aproximație în punctul a și egale, la rândul lor, cu: $A = 89^\circ$, $\Delta = 62^\circ$. Galeria direcțională din punctul a a fost continuată în prelungire, până la punctul b și cu ea s'a trecut zona de sfărâmare, iar frontul de lucru s'a oprit în roca, ce n'a fost atinsă de falie. Lucrarea minieră prin zona de sfărâmare se sapă, de obicei, transversal pe direcția faliei.

Din punctul b s'a forat o sondă de mină orizontală, cu azimutul $\alpha = 195^\circ$, pentru a stabili felul faliei, a determina mărimea amplitudinii și a lămuri condițiile geologice. S'a forat cu sondeuza 60,5 m, și talpa ei c s'a oprit în sisturi nisipoase. Coloana stratigrafică, după gaura sondei de mină, după jurnalul de foraj se prezintă ca în tabela 9.

Coloana stratigrafică, după gaura sondei de mină Tabela 9

Nr. de ordine	Numele rocilor întâlnite	Distanța dealungul sondei de mină, în m
1	Sist nisipos	11,00
2	Gresie	17,00
3	Calcar	20,00
4	Sist nisipos	37,50
5	Strat de cărbuni	38,70
6	Sist argilos	39,30
7	Calcar	40,60
8	Sist nisipos	44,65
9	Sist argilos	47,60
10	Sist nisipos	51,40
11	Gresie	53,90
12	Sist argilos	56,40
13	Strat de cărbuni	57,60
14	Sist argilos	58,60
15	Calcar	59,90

Talpa sondei s'a oprit în sist nisipos.

Secțiunea stratigrafică normală a rocilor, care includ stratul pentru sectorul dat, este prezentată în tabela 10

Tabela 10

Secțiunea stratigrafică normală

Nr. de ordine	Numele rocilor din secțiune	Grosimea normală a rocilor, în m
1	Șist nisipos	6,20
2	Calcar L_6	1,05
3	Șist nisipos	12,10
4	Calcar L_5	0,90
5	Șist argilos	0,70
6	Strat de cărbuni I'_6	0,30
7	Șist nisipos	3,80
8	Șist nisipos de culoare închisă	12,95
9	Strat de cărbuni I_5	0,45—0,65
10	Șist nisipos (gris)	11,15
11	Gresie	4,90
12	Șist nisipos	9,35
13	Calcar L_4	1,10
14	Șist argilos	0,75
15	Strat de cărbuni I_4	0,60—1,15
16	Șist argilos	1,95
17	Gresie	2,10
18	Șist nisipos	3,15
19	Șist argilos	2,40
20	Șist nisipos	3,30
21	Calcar L_3	1,10
22	Șist argilos	0,50
23	Strat de cărbuni I_3	0,50—1,10
24	Șist nisipos	14,30
25	Calcar L_2	2,10
26	Gresie	5,30
27	Șist nisipos	9,70
28	Șist argilos	5,00

În condițiile date trebuie să se determine poziția flancului deplasat și să se traseze lucrarea minieră de deschidere.

După elementele existente de înclinare și de direcție ale flancului stratului I_3 și ale faliei C , se construiesc întâi aceste planuri și linia lor de intersecție S'' (fig. 202). Construcția arată (ceea ce s'a putut constata și în mină), că falia a fost întâlnită în partea flancului din culcuș.

Corelațiile obținute pot da două forme de falie diagonală, și anume:

a) Dacă S'' ocupă în planul faliei C o poziție superioară, față de linia de încrucișare a flancului căutat, vom avea o faliere diagonală pozitivă, o falie de cădere și de alunecare de unghi ascuțit cu înclinare conformă și cu dublarea stratului, numai în planul faliei C , sau într'un plan paralel din partea flancului căutat. Din direcțiile arătate de dublarea stratului, două dintre ele vor fi caracteristice — direcția deplasării condiționate după perpendiculara la liniile de intersecție, care dă distanța cea mai scurtă, și după linia de direcție a faliei. Ultima este, după forma dată a faliei, cea mai avantajoasă pentru trasarea lucrării miniere de deschidere.

b) Dacă linia de intersecție S'' a flancului dat în planul faliei C va ocupa o poziție inferioară față de linia de intersecție a flancului căutat (din acoperiș), vom avea o faliere diagonală negativă, o falie de ascensiune și de alunecare obtuză, de înclinare conformă, cu direcțiile de dublare a stratului după: verticală (h), normală (p) și orizontală (d). Din aceste direcții, ținând seamă de forma dată a faliei și de unghiul de înclinare al stratului, dublarea după normala la strat ar da distanța cea mai scurtă, iar direcția orizontală (d), transversală pe direcția stratului, ar da direcția cea mai avantajoasă pentru trasarea lucrării miniere de deschidere.

O sondă dusă din punctul b trebuie să furnizeze date, după care se poate determina felul faliei și se poate răspunde la întrebarea, care dintre cele două forme de faliere arătate mai sus, a avut loc.

Pentru aceasta, se execută o secțiune a rocilor dealungul sondei. După condițiile de proiectare, sonda este orizontală și situată sub unghiul $\theta = (115^\circ + 90^\circ - 195^\circ) = 10^\circ$, față de direcția transversală pe direcția stratului; deaceia, grosimile rocilor modificate în lungul sondei, conform notărilor acceptate înainte, vor fi m'_{ortz} , adică grosimile orizontale după o direcție oarecare, oblică față de direcția stratului.

Pentru a stabili apartenența rocilor traversate de sondă la un orizont sau la altul, secțiunea după sondă trebuie să fie confruntată cu secțiunea normală stratigrafică a rocilor, a sectorului dat, pentru care trebuie să se facă trecerea dela grosimile măsurate ale rocilor după sondă, la grosimi normale, având elementele de înclinare și de direcție ale rocilor date.

Folosind formula (2.38) și având m'_{ortz} din datele sondei și unghiul θ , se va obține expresia care dă grosimea orizontală m_{ortz} a rocilor arătate, transversal pe direcția lor:

$$m_{ortz} = m'_{ortz} \cos \theta \quad (a)$$

după care se va exprima, prin formula (2.37), grosimea normală a rocilor după sondă, în funcție de m'_{ortz} , θ și unghiul de înclinare δ :

$$m = m'_{ortz} \sin \delta = m'_{ortz} \cos \theta \sin \delta. \quad (b)$$

Luând în expresia (b):

$$\cos \theta \sin \delta = \cos \varphi \quad (c)$$

ecuația se poate scrie (b) sub forma

$$m = m'_{ortz} \cos \varphi. \quad (4.20)$$

Se va folosi această formulă pentru trecerea directă de la grosimile rocilor măsurate în sondă, la grosimile normale și pentru comparația lor cu grosimile din coloana normală stratigrafică.

Formula (4.20) permite aplicarea următoarei scheme de transformare grafică de la m'_{ortz} la m .

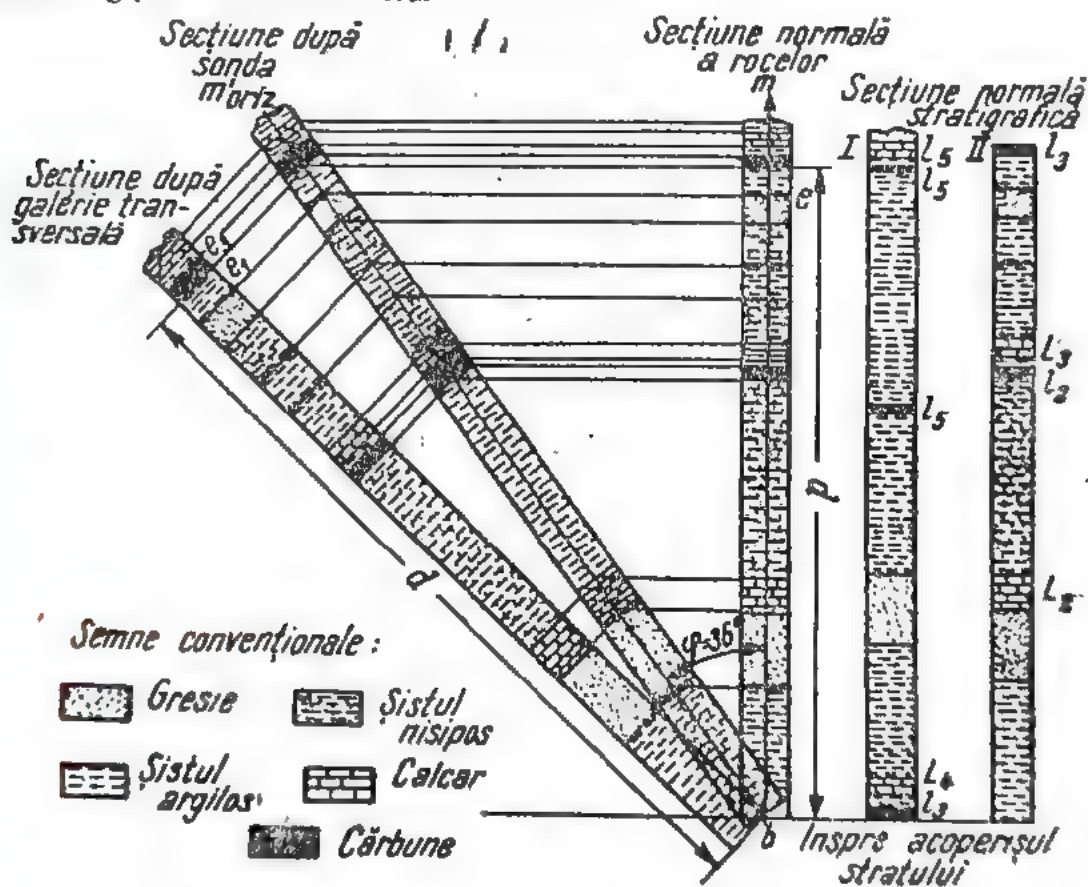


Fig. 203

Se ia direcția verticală bm (fig. 203), ca direcție a secțiunii normale. Calculând apoi valoarea $\cos \varphi$, se găsește acest unghi ajutător. Așezându-l pe fig. 203, de exemplu, spre stânga direcției verticale bm , se obține direcția bm'_{ortz} , care este direcția secțiunii rocilor după sondă. Construind această secțiune după bm'_{ortz} , se proiectează pe direcția bm și se obține astfel secțiunea normală

căutată a rocilor indicate. Pentru comparația ei cu secțiunea normală stratigrafică a rocilor din sectorul dat, în fig. 203, ea este reprezentată în dreapta secțiunii normale bm . Coloana din stânga, I , dă secțiunea normală a rocilor înspre acoperișul stratului l_3 , iar cea din dreapta, coloana II , înspre culcușul acestui strat.

Comparând secțiunile I și II cu secțiunea bm (fig. 203), nu este greu de observat, că distanțele dintre orizonturile stratigrafice corespunzătoare și succesiunea lor corespund identificării din secțiunile bm și II , adică sonda a străpuns rocele din culcușul stratului l_3 .

Rezultă că flancul (din acoperiș) căutat este ridicat față de flancul dat (din culcuș) și avem deci falie de ascensiune și de alunecare obtuză cu înclinare conformă, cu numărul arătat mai sus al direcțiilor caracteristicelor de dublare ale stratului.

Amplitudinea de deplasare pe normală p înspre flancuri este reprezentată prin segmentul \overline{be} , dacă se admite că punctele a și b sunt situate dintr-o parte sau alta a faliei, la o distanță mică unul față de altul.

Acesta este cazul când sonda de explorare a deschis flancul căutat al stratului și a permis obținerea unei caracterizări absolut sigure a condițiilor geologice ale acestui flanc.

Când se obține siguranța asupra apartenenței rocilor întâlnite după falie, la un orizont stratigrafic determinat și la o structură clară a acestui sector, nu este necesar să se facă o sondă de explorare, sau dacă se face, aceasta poate fi mai scurtă decât sonda dată în exemplul analizat. În acest caz, stabilirea formei falierii, a mărimii de deplasare, cum și alagarea direcției pentru lucrarea minieră de deschidere se rezolvă prin raportarea rocilor întâlnite la un orizont sau altul și după secțiunea normală stratigrafică a rocilor.

În cazul exemplului analizat, la elementele date de direcție și înclinare ale stratului, direcția cea mai avantajoasă pentru lucrarea minieră de deschidere va fi direcția orizontală d , perpendiculară pe direcția flancului, adică o transversală.

Secțiunea după direcția transversalei proiectate se obține ușor din secțiunea rocilor după sondă, prin proiecția acesteia din urmă pe direcția transversalei, care formează, cu direcția sondei, unghiul $\theta = 10^\circ$. Distanța dela gura sondei b la stratul l_3 , în direcția transversalei (segmentul $\overline{bl_1}$ — fig. 203), este amplitudinea orizontală de deplasare d , perpendiculară pe direcția stratului.

Se construiește (fig. 202), transversala proiectată din punctul b , la flancul deplasat al stratului l_3 . Poziția galeriei în stratul l_3 din fig. 202 se determină prin transpunerea pe ea a segmentului $\overline{be_1} = d$ (fig. 203). Din fig. 203 rezultă, deasemenea, că transversala trasată

din punctul a , pentru deschiderea părții aruncate a stratului l_1 , va deschide în calea sa flancul deplasat al stratului l_2 .

Aşa se prezintă rezolvarea problemei referitoare la „trasarea lucrărilor miniere înspre flancul deplasat“, bazat pe identificarea stratelor, după indicii geometrici.

Metoda arătată este aplicabilă pentru condițiile de exploatare ale zăcămintului carbonifer și pentru datele de plecare analoage celor din exemplul studiat. Elementele separate ale rezolvării sunt aplicabile și în alte condiții, cu modificările corespunzătoare.

Se va analiza încă un exemplu.

Fie cunoscut un punct oarecare de pe flancul deplasat, de exemplu punctul A de cotă Z_A (fig. 204). Falia este deschisă în punctul B

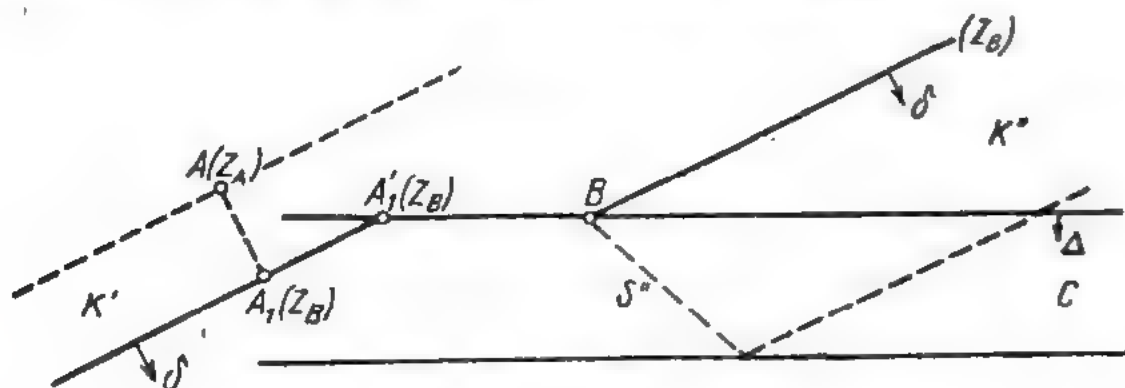


Fig. 204

de cotă Z_B . În acest caz, direcția explorării poate fi stabilită astfel: cunoscând diferența cotelor între punctele A și B , cum și elementele de înclinare și direcție ale flancurilor (K'' după datele planului topografic minier, iar K' din condiția paralelismului flancurilor) și plecând din A , se determină, pe linia de pantă a flancului deplasat K' , punctul A , cu înălțimea Z_B .

Ducând prin acest punct direcția zăcământului, se obține, la intersecția ei cu curba de nivel cu aceeași cotă a faliei, punctul *A*. Direcția din punctul *B* către punctul *A*, (în fig. 204 este arătat cu săgeată) va fi direcția căutată de explorare, sau direcția lucrării miniere de deschidere.

În adevăr, avem aici o falie de cădere și de supraalunecare, cu înclinare conformă de unghi ascuțit, pentru care, după cum se știe din cele expuse mai sus, direcția cea mai avantajoasă de explorare este direcția după linia de direcție a faliei sau, mai precis, după o linie paralelă la direcția faliei, situată după falie, din partea flancului deplasat.

Pentru condițiile bazinului Kuznețk, ținând seamă de monotonia depunerilor carbonifere, stabilirea formelor de falie în scopul alegerii direcției lucrării miniere de descindere, cere să se acorde o atenție

deosebită găsirii indicilor de alunecare în planul faliei, sau în zona sa, etc.

Din cele expuse rezultă că, la rezolvarea problemei date, în faza de explorare, cum și la exploatarea zăcământului, sarcina de bază o prezintă stabilirea apartenenței rocilor întâlnite după falie, la un orizont stratigrafic sau altul, după secțiunea generală a rocilor din acest sector. În cazurile când structura secțiunii grosimii productive este stabilită cu siguranță și este scos în evidență caracterul de constanță sau de variație al acestei structuri, rezolvarea problemei analizate se efectuează cu succes, prin folosirea indicilor și a raporturilor geometrice. Afară de aceasta, cunoașterea deplină a raporturilor geometrice și folosirea lor constituie problema fundamentală a cercetărilor. La explorarea sectoarelor deranjate însă, când se studiază structura zăcământului, structura secțiunii, constanța sau caracterul de variație al indicilor, raporturile și indicii geometrice nu sunt suficienți pentru identificarea sigură a stratelor.

În stadiul actual al cunoștințelor geologice, în această privință (10), se indică o serie întreagă de indici îndrumători, care servesc la identificarea stratelor la explorare.

Indicii arătați, aplicabili la zăcăminte carbonifere, se împart în următoarele trei grupe:

- I — indici care se referă la masivul carbonifer,
- II — indici care se referă la stratul de cărbuni și
- III — indici care se referă la componența cărbunelui.

Se vor enumera indicii din interiorul fiecărei grupe.

Primei grupe aparțin:

1. orizonturile care conțin faună (marină sau de apă dulce);
2. orizonturile cu floră fosilă;
3. distanța dintre strate;
4. succesiunea stratelor;
5. caracterul litologic al rocilor intermediare;
6. incluziunile vizibil evidente proprii unor orizonturi (argiloase, feroase, sferosideritele, roce arse, etc.).

Grupei a doua aparțin:

1. caracterul culcușului stratului;
2. caracterul acoperișului stratului;
3. intercalațiile;
4. cenușa vulcanică în cărbune;
5. structura stratului;
6. incluziunile din cărbune;
7. grosimea stratului și menținerea ei după direcțiile caracteristice;
8. prezența însoțitorilor.

Grupei a treia aparțin:

1. puritatea sau impuritatea cărbunelui;
2. compoziția cenușei;
3. gradul de carbonizare;
4. prezența în strat a tipurilor speciale de cărbune;
5. caracterul de separare în cărbune;
6. structura cărbunelui (macro și micro-structura).
7. paralelismul stratelor după spori.

Simpla enumerare a indicilor, după care se identifică stratele, și a metodelor după care se execută această operație, denotă numărul lor mare și necesitatea crescândă de noi indicii. Este necesar să se menționeze, că metodele cele mai eficace sunt cele care se bazează pe studiul substanței cărbunelui, deoarece prin ele se stabilește apartenența stratului la un orizont determinat, independent de orice fel de deranjamente tectonice. O metodă sigură pentru stabilirea sinonimelor cărbunilor paleozoici este metoda bazată pe principiul stratigrafic de analiză a prafului de spori. Însă problema stabilirii apartenenței rocilor întâlnite după falie la un orizont sau la altul, mai ales în condițiile depunerilor carbonifere puternice și monotone, cere aplicarea metodelor petrografice, pentru descifrarea rocilor intermediare.

Astfel, stabilirea sigură a apartenenței stratului de cărbune, sau a rocilor la un orizont sau la altul, mai ales în faza de explorare, trebuie să se bazeze pe un complex întreg de determinări și care cere din partea observatorului o cercetare atentă a fondului condițiilor geologice. Un asemenea studiu al condițiilor naturale ale exploatării zăcămintelor, deplina folosire a raporturilor și a proprietăților geometrice proprii lor, permit metodei geometrice să ocupe locul cuvenit în soluționarea problemei puse.

În concluzie, se vor preciza o serie de observații relative la regulile pentru regăsirea părții deplasate a zăcămintului. La lucrările în sectoarele deranjate, trasarea lucrărilor miniere înspre flancul deplasat este o operație frecventă și de răspundere. Deaceia, trebuie să fie aplicabilă tendința permanentă pentru elaborarea metodelor soluționării celei mai sigure a acestei probleme. Prin aceasta se explică numărul mare de reguli, propuse în diferite timpuri, pentru regăsirea flancului deplasat.

Sistematizarea și analiza lor substanțială au fost făcute de P. M. Leontovski și de alți cercetători. Regula propusă de V. I. Bauman a fost arătată la expunerea metodei sale de clasificare a faliilor. Alte reguli, datorită aplicării lor limitate în practică, cum și posibilității de înlocuire a lor cu o soluționare mai sigură a problemei, prin proiecție cotată, nu au sens să fie expuse.

Comun tuturor regulilor amintite este faptul, că, la baza lor, stau unii sau alții dintre indicii geometrici sau geologici. Regulile privesc, mai ales, trasarea lucrării miniere de legătură între flancul cunoscut și flancul deplasat, după ce s'a stabilit felul faliei. Astfel, dela aceste reguli nu trebuie să se aștepte o soluție universală a problemei, pentru orice condiție. La întâlnirea unei falii cu lucrările miniere, este necesar, cum s'a văzut mai sus, să se culegă datele care caracterizează falia și conjunctura geologică; analiza acestor date, calculul și construcțiile, vor conduce la determinarea poziției flancului deplasat. Astfel, rezolvarea necesară a problemei rezultă organic din studiul condițiilor, fără aplicarea regulilor. În acest caz, desigur, regulile nu sunt necesare. N'ar fi însă justă o negare categorică și completă a necesității indicilor practice, pentru rezolvarea problemei analizate. Pentru exploratori, în preocuparea cărora intră în mod continuu problemele fundamentale de asigurare a ritmului de lucru necesar, cum și îmbunătățirea procesului tehnologic a producției, orice deviere spre soluționarea altor probleme ar fi nerațională. Deaceia, îndrumările practice, regulile care permit rapid, fără oprirea executării lucrărilor miniere, să le îndrepte pe făgașul dorit, sunt desigur folosite. Este important ca aceste sfaturi practice să corespundă condițiilor de executare a lucrărilor, să decurgă din ele și să constituie un ajutor real. În sarcina directă a colaboratorilor serviciilor topografice miniere și a celor geologice ale întreprinderilor, intră elaborarea acestor reguli și instrucțiuni, pentru condițiile date, cum și înzestrarea exploatărilor cu ele.

De exemplu, minierii folosesc foarte mult „regula mâinii drepte și stângi”, care constă în faptul că, întâlnindu-se cu o galerie direcțională falia, dacă ea apare întâi în partea dreaptă a frontului de lucru, galeria transversală spre aripa deplasată se va executa spre dreapta (fig. 205, a); în cazul invers, se va executa spre stânga (fig. 205, b).

În exemplele de mai sus s'a văzut că, pentru o serie de bazine, la stratele strânse în cute, se formează falii direcționale și diagonale. Faliile diagonale se grupează în două sisteme, situate unele față de altele sub un unghi de $60-110^\circ$, astfel încât bisectoarea lor este aproape perpendiculară pe direcția faliilor longitudinale.

Pe flancurile cutelor se dezvoltă mai ales cele două sisteme de falii diagonale arătate, care divizează flancurile într-o serie de plăci și pene, împinse în trepte unele pe altele. Acestea creează forma reprezentată în fig. 206. Aici este reprezentat schematic flancul anticlinalului fracturat de falia longitudinală 1 și de sistemul de disjuncții diagonale. Faliile 1, 2, 4 și 5 aparțin aceluiași sistem, iar falia 3 aparține altui sistem. Stratul și grosimea lui corespunzătoare sunt fracturate de faliile diagonale arătate, în plăci și în pene.

Primul sistem de falii diagonale (faliile 1, 2, 4 și 5, fig. 206), creează raporturile între aripile stratului și falie, reprezentate în

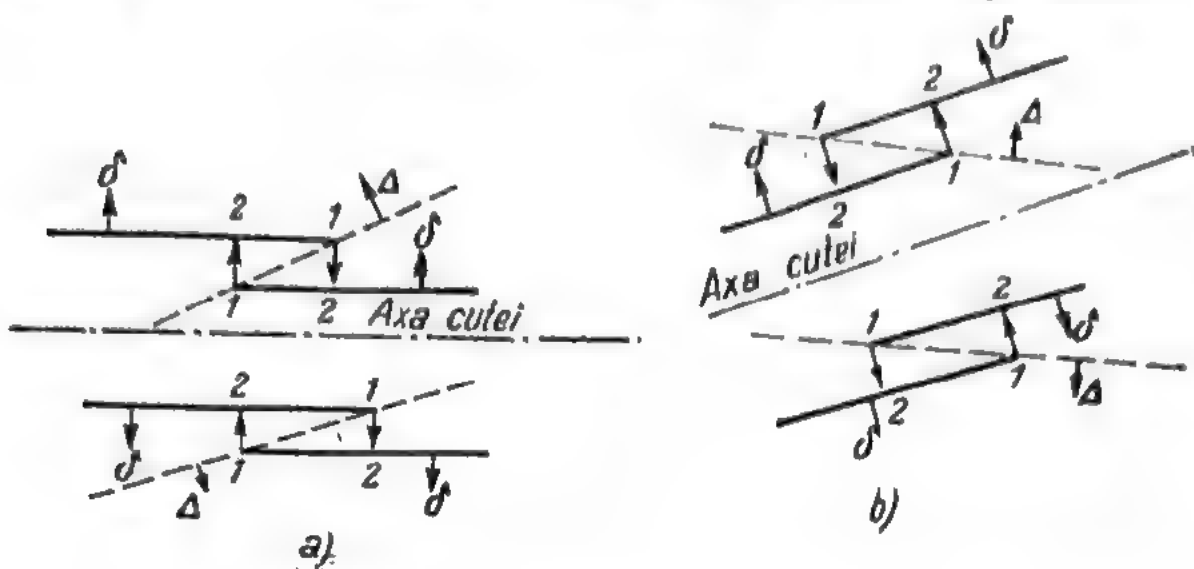


Fig. 205

fig. 205, a, din care rezultă regula „măinii drepte“, pentru trasarea lucrării miniere transversale de legătură. Al doilea sistem al faliilor

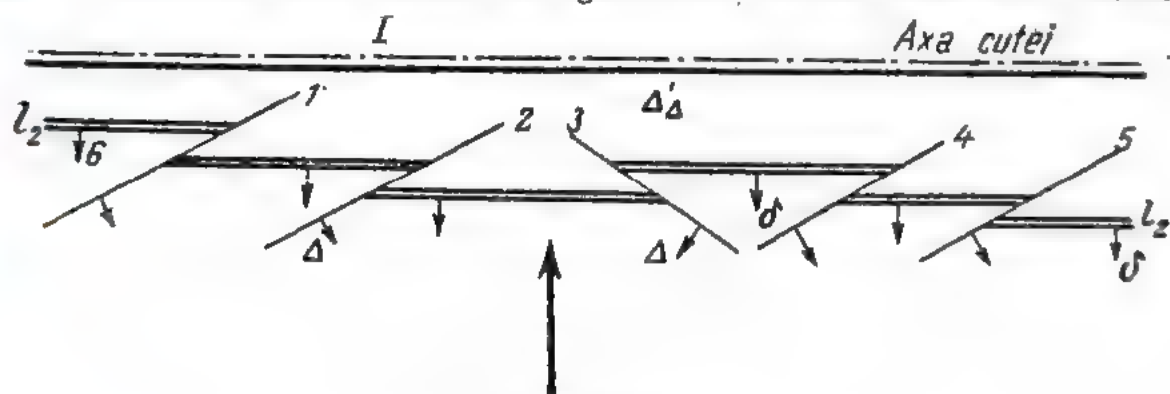


Fig. 206

diagonale (falia 3, fig. 206) creează raporturile între flancuri și falie exprimate în fig. 205, b, pentru care este valabilă regula „măinii stângi“.

Concluziile practice de acest fel, care exprimă raporturi determinate, real existente, sunt desigur folositoare.

§ 7. DESPRE FALIILE CURBILINII

În toate cele expuse mai sus referitor la falii, s'a pornit de la presupunerea, că alunecarea părții deplasate în toate punctele faliei a fost rectilinie și s'a produs pe aceeași distanță. În adevăr, majoritatea faliilor cercetate aparțin anume acestor disjuncții rectilinii.

Numai în cazuri relativ rare se produce torsiunea unui flanc al stratului față de celălalt. Acest caz se exprimă prin neparalelismul flancurilor și apropierea liniilor de intersecție $S'S''$, care se întretaie într'un punct oarecare O (fig. 207).

Valoarea deplasării se micșorează, pe măsură ce ne apropiem de punctul O (deplasarea se stinge). Deaceia, unghiul ω se numește unghiul de stingere, iar punctul O , punctul de stingere. Valoarea deplasării în punctul O este egală cu zero. Mai departe ea se majorează din nou, pe măsura depărtării de la punctul de stingere. Cum rezultă din

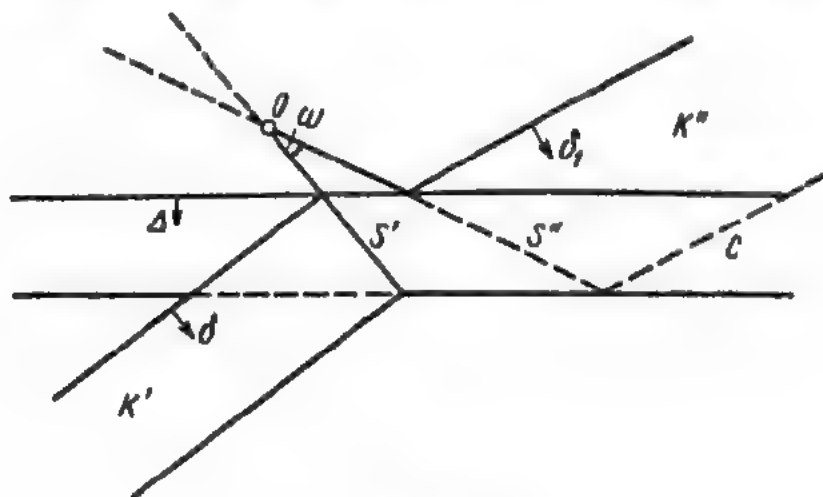


Fig. 207

fig. 207, dacă în planul faliei, mai jos decât punctul O s'a exercitat o tensiune (depărtarea flancurilor unul de altul), atunci mai sus de acest punct va avea loc încălecarea flancurilor. Dacă liniile de intersecție au rămas după torsiune în planul faliei, aceasta înseamnă că torsiunea lor s'a produs în jurul axei perpendiculare pe planul faliei, în punctul O . În consecință, orice punct de pe liniile de intersecție descrie un cerc. Astfel, traiectoria alunecării este reprezentată aici printr'o linie curbă. Deaceia, aceste falii se numesc falii curbe. În funcție de forma suprafeței faliei, faliile curbilinii poartă diferite nume. Faliile de torsiune regulate sunt faliile care s'au produs printr'o mișcare de rotație în jurul unei axe fixe, după planul faliei. Posibilitatea de a se produce o astfel de mișcare este lămurită mai sus.

Faliile cilindrice de torsiune sunt faliile care se produc printr'o mișcare de rotație în jurul unei axe fixe, după suprafața cilindrică a faliei. Pentru a fi posibilă o astfel de mișcare, suprafața faliei trebuie să fie cilindrică, și axul faliei trebuie să coincidă cu axul cilindrului. Traiectoria mișcării punctelor corespunzătoare are formă de cerc, adică baza cilindrului.

Faliile conice de torsiune sunt faliile, care se produc printr'o mișcare de rotație în jurul unei axe fixe, după o suprafață conică a

faliei. Posibilitatea producerii unei asemenea mișcări este asigurată prin suprafața conică a faliei. Axa de torsiune trebuie să coincidă cu axa conului. Proiecțiile mișcării punctelor corespunzătoare sunt, deasemenea, cercuri.

Faliile de torsiune sferice se produc printr'o mișcare oarecare de rotație, după o suprafață sferică a faliei. Suprafața sferică se poate produce printr'o rotație în jurul centrului sau în jurul axei. Rotația poate fi efectuată după o suprafață de oarecare complexitate.

Deaceea teoretic, se poate evidenția un număr foarte mare de falii curbilinii, însă o astfel de clasificare ar ajuta foarte puțin, din punct de vedere practic, la explorarea sectorului deranjat.

În limitele unui sector mic faliile curbilinii ale stratelor se pot reduce totdeauna la forme mai simple și, adeseori, la forma cea mai simplă a faliilor regulate de translație.

Forma curbilinie a faliilor se constată de câte ori se pun în evidență, abateri vizibile dela falierele regulate de translație. Aceasta se exprimă, înainte de toate, așa cum s'a arătat mai sus, prin diferențierea elementelor de așezare ale flancurilor. După cele indicate mai sus, s'au stabilit și s'au determinat elementele de înclinare și de direcție ale flancurilor și se prezintă posibilitatea să se construiască liniile de intersecție, care, la rândul lor, vor determina unghiul de stingere ω și punctul de stingere O , numite elemente ale torsiunii.

Elementele de torsiune, astfel stabilite, se pot extrapola ulterior în sectoarele adiacente și astfel se pot găsi pentru orizonturile vecine, valoarea deplasării și caracterul de încălecarea.

PARTEA A TREIA

GEOMETRIZAREA ZĂCĂMINTELOR DE SUBSTANȚE MINERALE UTILE

CAPITOLUL V

CERCETAREA SUPRAFETELOR TOPOGRAFICE ASCUNSE

§ 1. CONSIDERAȚII GENERALE

Studiul proprietăților și al raporturilor geometrice, care caracterizează zăcămintul de substanțe minerale utile, în ce privește explorarea și exploatarea lui, s'a referit până aici numai la forme mai simple, adică zăcămintele stratiforme. Caracteristica geometrică a celor din urmă s'a rezumat numai la forma lor. Simplitatea acestor forme a permis să se efectueze studiul geometric, cu un număr limitat de puncte de explorare.

Caracteristica geometrică a zăcămintelor mai complexe după forma și compoziția lor cere un număr mare de puncte de explorare și studiul unui număr însemnat de indici.

Unii dintre acești indici cum ar fi, de exemplu: cota, adâncimea la care se află zăcămintul, grosimea zăcămintului, se referă la forma zăcămintului și sunt elementele planurilor și ale graficelor structurale. Alți indici, ca de exemplu: conținutul componentelor utili și străini, densitatea, etc., se referă la compoziția substanțială a mineurilor, la proprietățile și particularitățile rocilor înconjurătoare și constituie elementele așa numitelor planuri calitative și ale graficelor calitative.

Totalitatea indicilor poate caracteriza nu numai forma și proprietatea zăcămintului, ci și procesele care au avut loc în profunzime. De exemplu, observând scufundarea suprafeței deasupra spațiului exploatat, se poate forma o imagine despre mișcarea rocilor situate deasupra lucrărilor miniere.

Caracteristica geologică și de exploatare a zăcămintelor de substanțe minerale utile, atât prin construcția planurilor de structură și

a celor de calitate, cât și prin întocmirea materialului documentar, în legătură cu aceasta, se numește geometrizarea zăcămintelor. Lucrările de geometrizare a zăcămintelor organizate și efectuate sistematic în timp util devin o condiție necesară la orice întreprindere, unde se fac lucrări geologice de explorare și lucrări miniere de exploatare.

Elaborarea metodelor de geometrizare a zăcămintelor, pe baza folosirii metodei isoliniilor, aplicabilă zăcămintelor de substanțe minerale utile solide, din U. R. S. S., se datorește lui P. K. Sobolevski și elevilor săi.

Aplicarea metodei isoliniilor, ca mijloc de reprezentare, este cunoscută de mult. În domeniul geologiei și în minerit, aplicarea pe scară largă a acestei metode s'a început întâi în stratele petrolifere și la exploatările de țiței, pentru reprezentarea structurii zăcămintelor.

P. K. Sobolevski a început elaborarea metodelor de geometrizare a zăcămintelor de substanțe minerale utile solide, încă din anii 1900—1905. În decurs de mai mulți ani, această metodologie a fost insistent studiată și intens difuzată, dar aplicarea ei reală a devenit posibilă numai după Marea Revoluție Socialistă din Octombrie, în special în anii cincinalelor staliniste și în prezent, s'a impus în industria minieră, ca una dintre metodicele de explorare geologică și de topografie minieră.

Geometrizarea zăcămintelor se compune din următoarele faze:

1. culegerea datelor pe teren și înregistrarea lor;
2. prelucrarea datelor și a materialelor existente;
3. întocmirea planurilor de structură și de calitate.

Nu trebuie să se imagineze că, la început, se face culegerea materialului pe întregul zăcământ și numai după aceea se trece la prelucrarea lui, pentru a obține rezultatul sub forme de planuri de structură și de calitate. Dimpotrivă, fiecare observație se prelucerează imediat și se prezintă astfel, încât să poată fi folosită imediat. În aceasta constă eficacitatea și valoarea operativ-productivă a datelor obținute, pentru organizarea justă a etapei următoare de lucru.

Concomitent cu aceasta, folosirea curentă a rezultatelor geometrizării presupune, ca un lucru dela sine înțeles, însemnătatea lor pentru perspectivele exploatării și pentru îmbogățirea materialului științific, obligând să se execute continuu generalizarea lor sistematică.

Întocmirea din timp a planurilor de structură și de calitate a zăcământului permite să se aprecieze, în orice moment, justetea executării lucrărilor geologice de explorare și a lucrărilor miniere de exploatare. Aceasta este posibil, numai după ce au fost examinate raporturile reciproce între lucrările miniere săpate sau de executat, și forma și condițiile de așezare ale zăcământului. Observând cu

atenție în timpul mersului lucrărilor de explorare sau de exploatare, variația condițiilor de zăcământ și calitatea substanței minerale utile și dând la timp caracteristica structurală și calitatea zăcământului, sub formă de grafice corespunzătoare, se pot planifica mai just lucrările viitoare de explorare geologică și cele miniere.

Astfel, organizarea justă a lucrărilor, începând cu studiul zăcământului și sfârșind cu exploatarea lui, cere o muncă sistematică la întocmirea planurilor de structură și de calitate, cum și completarea lor continuă.

Geometrizarea zăcământului, fiind una dintre metodele de lucru ale geologiei de explorare și ale topografiei miniere, trebuie să fie organic contopită cu ele.

Prin executarea geometrizării izolate sau separate, adeseori, se rupe contactul cu interesele producției, ceea ce are ca consecință obținerea unui material bun numai pentru arhivă. Esența metodei isoliniilor, ca un mijloc de reprezentare, este simplă și rezultă din metoda proiecției cotate, aplicată la reprezentarea suprafețelor topografice neregulate.

Geometria minieră are ca obiect studiul și reprezentarea zăcămintelor de substanțe minerale utile și a condițiilor lor de zăcământ. Fiecărui zăcământ trebuie să i se dea, în urma studierii lui, o caracteristică de structură și de calitate. Prin urmare, în forme mai generalizate, obiectul geometriei miniere este studiul indicilor de structură și de calitate ai zăcământului.

Forma zăcământului poate fi foarte variată. Deaceea, forma generală se poate imagina ca un corp solid mărginit de suprafețe topografice. Rezultă că se poate exprima cota punctului de pe suprafața corpului, în funcție de coordonatele orizontale:

$$z = f(x, y). \quad (5.1)$$

Forma funcției este determinată de condițiile geologice concrete.

Referitor la calitatea (proprietatea) și particularitatea substanței minerale utile și a rocilor înconjurătoare, se poate afirma, că ele variază deasemenea și nu rămân aceleași în diferite puncte. Nu este greu să se imagineze că variația calității substanței minerale utile poate avea loc după orice direcție în spațiu, în funcție de condiții, adică, această variație, în sensul fixării sale în spațiu, este în funcție de coordonatele punctului.

Exemplul 1. Cercetările făcute asupra zăcămintelor carbonifere din bazinul Donet arată variația conținutului de substanțe volatile odată cu adâncimea și în direcție dela Vest spre Est, cu conținutul în cenușă, cum și cu alți indici. Variațiile arătate s'au produs din cauze generale și locale. Cauzele generale sunt, de exemplu, condi-

țiile tectonice, iar dintre cele locale, caracterul substanței, care se transformă în cărbuni.

Exemplul 2. Prezența în zăcămintele cuprifere a zonelor de minereu oxidate și a zonei de minereu sulfidice, cum și trecerea dela o zonă la alta, arată variația compoziției minereului dela un punct la altul.

Exemplul 3. Conținutul în Fe, proprietățile fizice ale minereului, cum și alți indici ai zăcămintelor dela Krivoi Rog, variază deasemenea dela un punct la altul.

Se pot aduce, astfel, numeroase exemple, însă cele arătate sunt suficiente pentru a se vedea că orice indice al zăcămintului, sub influența condițiilor geologice locale sau generale, variază dela un punct la altul, chiar în limitele unui sector restrâns.

Astfel, orice proprietate (particularitate) a substanței minerale utile și a rocilor este o funcție a coordonatelor punctului, în sensul caracterizării spațiale (geometrice):

$$p = f(x, y, z) \quad (5.2)$$

Forma funcției este determinată de condițiile reale.

Situația expusă nu ar fi generală, dacă n'ar fi legată de timp (t).

În natură se petrece un proces continuu de transformare (mișcare) a materiei în timp. Se constată aceasta în permanență în procesele geologice, în urma cărora rocele se găsesc în stare de transformare continuă. Aceste transformări în timp, pentru majoritatea substanțelor minerale utile, mai ales a celor solide, sunt atât de încete, încât, pentru durata de exploatare, practic, pot să nu fie luate în considerație și să se folosească drept caracteristică generală, variațiile expresiei (5.2).

În legătură cu exploatarea zăcămintelor de substanțe minerale utile solide, după cum s'a menționat mai sus, se pot întâlni procese accesibile observației, de exemplu, procesul scufundării suprafeței (procesul mișcării rocilor) sub influența lucrărilor de exploatare.

Din cele expuse rezultă că indicii de structură (forma) se prezintă ca o funcție de două variabile, iar indicii calitativi, ca o funcție de trei variabile. Reprezentarea acestor funcții sub forma analitică nu reușește, din cauza complexului de condiții și a numărului mare de factori, care condiționează caracterul (forma) funcției. De aceea, metoda grafică rămâne unicul procedeu de prezentare a indicilor de structură și de calitate pentru studiarea lor, după o serie de valori particulare ale funcțiilor (5.1) sau (5.2).

S'a arătat mai sus, că folosirea metodei isoliniilor, la studiul reprezentării grafice a funcțiilor de forma (5.1) și (5.2), este posibilă numai atunci, când acestea îndeplinesc condițiile menționate de P. K. So-

bolevski și anume: a) de sens finit; b) de valoare unică; c) de continuitate; d) de regularitate. Caracteristica lor a fost dată la locul respectiv.

Primele două sunt evidente și nu provoacă nicio îndoială.

A treia condiție nu trebuie interpretată în sensul, că între două puncte oarecare din spațiu trebuie să existe aceiași indici.

Fie de exemplu un zăcământ aurifer aluvionar (33). Aici, în fond, nu există o discontinuitate în distribuția metalului, deoarece nu există un lingou compact de metal, ci particulele fine de metal sunt diseminate în întreaga masă a nisipurilor, care conțin aurul. Însă, dacă se împarte întregul zăcământ în volume elementare, de exemplu în metri cubi, și conținutul determinat de metal în interiorul fiecărui volum este raportat la cel din urmă, atunci, pentru ușurința construcțiilor grafice, se va considera convențional conținutul în metal distribuit uniform în volumul elementar indicat.

În fig. 208 *a* sunt reprezentați 8 m^3 luați după o direcție oarecare (*AB*) a zăcământului. Distribuția metalului în fiecare metru cub este reprezentată în figură, sub formă de particule pulverulente (puncte). Conținutul metalului s'a determinat pentru fiecare element de volum, în grame pentru unitatea de volum sau masă. Valorile obținute sunt înscrise lângă fiecare metru cub. În fig. 208 *b*, conținutul în metal este reprezentat grafic, sub formă de ordonate în punctele 1, 2...8. Linia frântă continuă, care unește vârfurile ordonatelor, caracterizează, cu precizie practică suficientă, variația conținutului în metal, după direcția dată.

Noțiunea de funcție armonică are un sens mai puțin determinat, decât funcția continuă. La re-

prezentarea grafică, funcția armonică se caracterizează prin variația continuă a curburii, sau prin variația continuă a ordonatelor curbei. Dacă totalitatea observațiilor permit să se construiască după acestea, într'un interval sau altul, o curbă armonică, reprezentând funcția analizată, observațiile se pot considera ca suficiente. Astfel, valoarea practică a condițiilor de regularitate (armonice) constă în faptul că ele determină suficiența observațiilor.

Mai sus s'a menționat, că forma analitică a funcțiilor $z=f(x,y)$ și $p=f(x,y,z)$ este necunoscută. Deaceia, la studiul zăcămintelor,

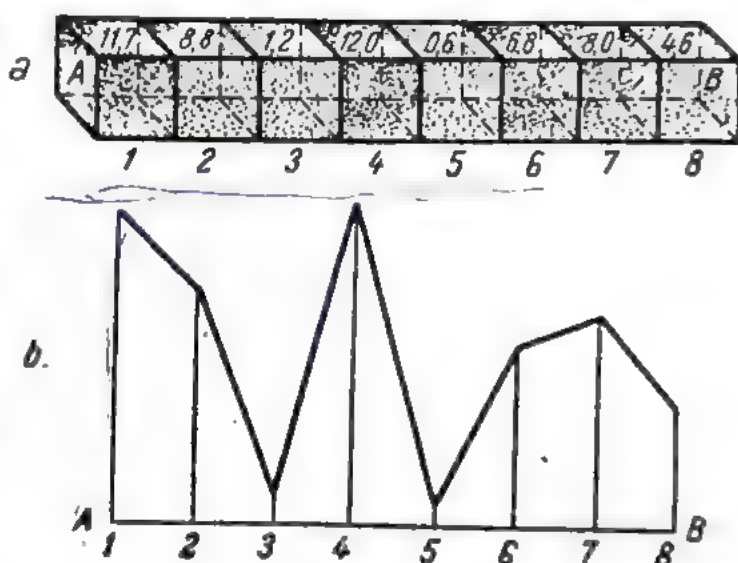


Fig. 208

reprezentarea grafică a funcției (indicilor), după valorile ei particulare, este un procedeu mai comod și, în special, mai evident, pentru caracterizarea lor.

Metoda de reprezentare grafică trebuie să satisfacă două cerințe fundamentale: (

a) posibilitatea determinării funcției, din argumentele ei date, direct de pe desen (comoditatea de măsurare) și b) reprezentarea sugestivă a variației funcției (sugestivitate). Condițiile arătate sunt satisfăcute complet de metoda proiecției cotate, aplicabilă la reprezentarea corpurilor cu suprafețele (topografice) neregulate, care se numește metoda isoliniilor.

Se va urmări succesiv reprezentarea grafică a funcțiilor:

a) cu o singură variabilă independentă $y = f(x)$;

b) cu două variabile independente $z = f(x, y)$;

c) cu trei variabile independente $p = f(x, y, z)$.

Pentru reprezentarea funcției $y = f(x)$, se vor lua axele de coordonate rectangulare x, y (fig. 209). Construind o serie de puncte, care corespund valorilor particulare ale funcției și unindu-le cu o curbă armonică, se obține reprezentarea grafică a funcției date. Astfel, funcția cu o variabilă independentă se prezintă ca o singură linie curbă.

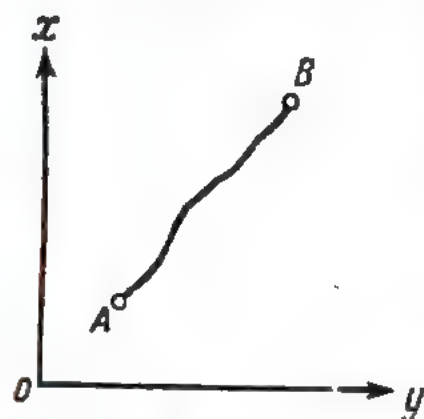


Fig. 209

Profilul suprafeței, în secțiune verticală, după o direcție oarecare, (linia de intersecție orizontală a suprafeței și curba variației indicelui după direcția dată), se prezintă sub forma curbelor $y = f(x)$ (fig. 209).

Funcția cu două variabile independente $z = f(x, y)$ caracterizează suprafața corpurilor, forma zăcămintelor și variația indicilor calitativi, în secțiunea plană.

Dacă se vor da o serie de valori particulare lui z , egale cu $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, se vor obține o serie de expresii:

$$a_1 = f_1(x, y)$$

$$a_2 = f_2(x, y)$$

$$\vdots$$

$$a_n = f_n(x, y)$$

care se pot scrie sub forma de mai jos:

$$y = \varphi_1(x, a_1)$$

$$y = \varphi_2(x, a_2)$$

$$\vdots$$

$$y = \varphi_n(x, a_n)$$

(5.3)

Ultima reprezintă o serie de funcții ale unei singure variabile independente, fiecare dintre ele, după cum s'a văzut în exemplul de mai sus, se va reprezenta grafic printr'o curbă. Particularitatea lor constă în faptul că, în orice punct, pentru fiecare curbă, z are aceeași valoare.

Fie în fig. 210 reprezentată funcția de forma (5.3) pentru:

$$z=a_1, z=a_2, z=a_3 \text{ și } z=a_n$$

Rezultă că funcția cu două variabile independente $z=f(x,y)$ este reprezentată prin o serie de curbe, fiecare dintre ele fiind curba, care unește punctele de aceeași cotă (z).

Nu este greu de observat că există o analogie completă cu reprezentarea suprafeței topografice.

Astfel, funcția cu două variabile independente este reprezentată sub forma unei suprafețe topografice. Practic, la reprezentarea formei corpului pe suprafața celui din urmă, într'o serie de puncte, se determină valorile cotelor z de pe suprafața corpului. Aceste puncte se raportează pe plan după coordonatele orizontale (x, y).

Folosind valorile lui z pentru aceste puncte, pe desen, se construiesc isoliniile sau isohipsele prin unirea punctelor cu aceeași cotă. Planul astfel obținut se numește planul hipsometric al zăcământului.

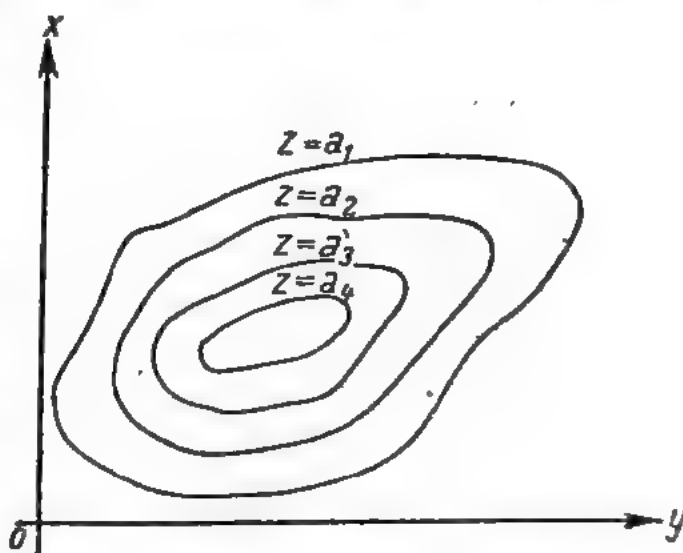


Fig. 210

Pentru o serie de probleme de explorări geologice și de minerit, se întocmesc planurile hipsometrice ale acoperișului și ale culcușului zăcământului, culcușului zăcămintelor aluvioare, orizontul hidrostatic, etc. Ca formă de suprafață topografică poate fi reprezentată grafic, caracteristica grosimii zăcământului. În acest caz, grosimea zăcământului se va reprezenta prin isogrosimi, adică linii care unesc punctele zăcământului cu aceeași grosime. Din cele expuse rezultă, că forma zăcămintelor poate fi reprezentată prin diferite planuri de structură, la baza construcției cărora stă metoda isoliniilor.

Reprezentarea grafică a funcției cu trei variabile independente $p=f(x,y,z)$ se reduce la obținerea din această funcție a unei serii de funcții cu două variabile independente, fiecare dintre ele, la fel cu cele precedente, reprezentându-se sub forma unui plan topografic.

Fie $p = f(x, y, z)$ funcția care exprimă conținutul metalului în minereu. Se va presupune că funcția $p = f(x, y, z)$ are coordonata z egală succesiv cu: a_1, a_2 , etc., se vor obține funcțiile următoare:

$$\begin{aligned} p &= \varphi_1(x, y, a_1) \\ p &= \varphi_2(x, y, a_2) \\ &\dots \dots \dots \\ p &= \varphi_n(x, y, a_n), \end{aligned}$$

fiecare dintre ele exprimând o funcție cu două variabile independente, care este reprezentată printr-o suprafață topografică. Rezultă că funcția cu trei variabile independente va fi reprezentată grafic printr-o serie de plane topografice.

Fie H_1, H_2, H_3 , în fig. 211, planele orizontale, care coincid cu cotele corespunzătoare $z = a_1, z = a_2, z = a_3$. La orizonturile indicate, se obțin secțiunile corpului de minereu. În fiecare secțiune¹, de exemplu în secțiunea H_1 , conținutul p variază dela un punct la altul. Caracterul acestei variații este exprimat prin funcția $p = \varphi_1(x, y, a_1)$, care se poate reprezenta sub forma suprafeței topografice. În adevăr, con-

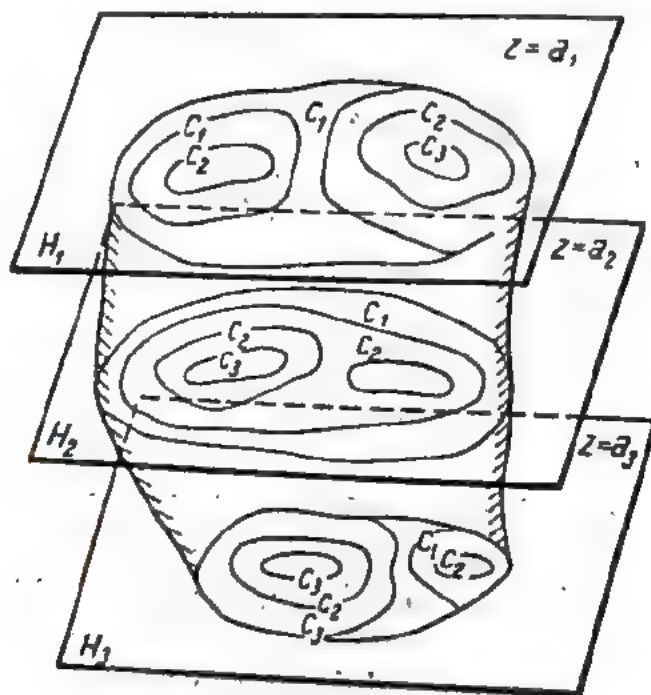


Fig. 211

ținutul componentului util, în diferite puncte ale secțiunii H_1 , are valorile $C_1, C_2, C_3 \dots C_n$. Considerând cele din urmă drept cote, se construiesc, în planul acestei secțiuni, liniile cu același conținut în metal, care, în totalitatea lor, dau imaginea unei suprafețe oarecare, convenționale, topografice (imaginară). Prin urmare variația conținutului în metal din minereu (distribuția lui) în planul orizontului dat (H_1) al lucrărilor miniere este reprezentată sub formă de suprafață topografică convențională.

Construcții analoge se pot face și în alte orizonturi de lucru H_2, H_3 (fig. 211). Deaceia, distribuție conținutului metalului în corpul de minereu poate fi reprezentată printr-o serie de suprafețe topografice.

¹ Se presupune nu o secțiune plană, ci o fâșie oarecare adiacentă la secțiune (nota redacției).

Pe calca indicată, se pot reprezenta variațiile oricărui indice al zăcământului de substanțe minerale utile, care este funcție de trei variabile independente. Graficele identice cu cele reprezentate în fig. 211, care caracterizează calitativ zăcământul, se numesc grafice calitative.

Metoda isoliniilor este aplicabilă la reprezentarea diferitelor obiective. De exemplu, distribuirea lucrărilor și a cheltuielilor în legătură cu exploatarea zăcământului, procesele de scufundare a suprafeței deasupra spațiului exploatat, etc., pot fi reprezentate grafic cu ajutorul isoliniilor.

Prof. P. K. Sobolevski, elaborând metodologia geometrizării zăcămintelor, a atras atenția asupra a încă unui fapt important și anume că, cu funcțiile cu forma $y = f(x)$, $z = f(x, y)$ și $p = f(x, y, z)$ se poate face orice operație matematică, fără a li se schimba proprietățile fundamentale (finalitate, egalitate, continuitate și regularitate). Rezultă că, după ce s'a făcut oricare operație matematică asupra funcțiilor, acestea pot fi reprezentate din nou grafic, sub formă de curbe sau suprafețe topografice. Cu alte cuvinte, executând operații matematice cu suprafețe topografice, se vor obține, ca rezultat, tot suprafețe topografice.

Concomitent, P. K. Sobolevski a elaborat și metodologia operațiilor matematice asupra suprafețelor topografice.

Practic, operațiile matematice (adunare, scădere, înmulțire, etc.) se efectuează prin diferite metode. Dacă, prin suprapunerea a două suprafețe topografice se obține un număr suficient de puncte de intersecție a curbelor de nivel inițiale, care sunt mai mult sau mai puțin uniform distribuite pe suprafață, atunci punctele de intersecție se consideră ca fiind suficiente și se transpun pe o coală curată. Cotele suprafețelor inițiale în punctele de intersecție indicate se adună, se scad, se înmulțesc, sau se efectuează cu ele alte operații și în urma acestor operații se obțin cotele necesare trasării suprafeței rezultante. Comoditatea acestei metode constă în faptul, că drept date inițiale se consideră cotele (valorile numerice ale indicilor) multiple ale curbelor de nivel adoptate și se obțin, deasemenea, multiplii lor, sau, în orice caz, valorile rotunjite ale cotelor rezultante, pe care trasarea curbelor de nivel nu este îngreunată de necesitatea interpolării complicate între puncte cu cote fracționare.

Dacă se obțin puține puncte de intersecție, operațiile necesare se efectuează cu datele inițiale, în puncte uniform distribuite pe suprafață (de exemplu după o rețea a paletii). După rezultatele obținute se trasează suprafața căutată. Deseori se aplică și metoda profilelor, unde, după fiecare linie trasată, se obține profilul rezultat și, în concordanță cu secțiunea adoptată a curbelor de nivel, se găsesc cotele în trepte, după care se trasează suprafața căutată.

La înmulțirea suprafeței prin metoda profilării, se recomandă uneori să se înlocuiască operația înmulțirii directe a cotelor, cu adunarea logaritmilor acestor cote, construind grafice speciale — nomograme logaritmice. Cu toate că adunarea este mai comodă decât înmulțirea, însă la folosirea extinsă a riglei de calcul (datele și precizia cerută a rezultatelor permit folosirea ei), înmulțirea directă a cotelor este o operație simplă și nu va reduce productivitatea muncii. Aplicarea nomogramelor logaritmice necesită atâta atenție și timp, încât avantajul operației adunării față de înmulțire, se pierde.

Valoarea practică și aplicarea operațiilor matematice la suprafețele topografice se va lămurii mai bine prin câteva exemple care se dau în capitolul de față.

§ 2. INDICII LINIARI

Din cele expuse rezultă că orice indice care caracterizează structura zăcământului sau compoziția substanței utile, poate fi reprezentat sub forma unei sau mai multor suprafețe topografice. Aceste suprafețe topografice determinate sunt ascunse observatorului. Imaginea lor se creează după un număr limitat de puncte de explorare (ridicare).

Indicii calitativi se caracterizează prin suprafețe topografice convenționale, care sunt tot suprafețe „ascunse”, invizibile. Analiza suprafețelor topografice ascunse este arătată prin lucrările indicate mai sus ale prof. P. K. Sobolevski, P. A. Râjov și alți elevi ai lui Sobolevski, iar în ultimii ani, prin lucrările lui D. A. Cazacovski (19) și N. G. Kell (22).

Analiza suprafețelor topografice este indicată, a se face în primul rând după o anumită direcție în legătură cu zăcământul, de exemplu după direcția lucrărilor miniere de explorare sau exploatare, sau dealungul punctelor de explorare.

Să se străpungă zăcământul printr-o serie de linii paralele cu o direcție oarecare. Minereul poate fi omogen sau neomogen. În primul caz, corpul minerului are limitele bine definite și lucrările miniere care îl străpung (drepte) sunt în limitele zăcământului, reprezentate prin niște segmente, cu punctele de intrare și ieșire din zăcământ, clar delimitate.

În acest caz, mărimea determinantă a unor indici sau altora va fi lungimea segmentelor indicate sau grosimea (m) zăcământului, după direcția dată. Grosimea zăcământului caracterizează volumul lui, independent de compoziția și proprietățile minerului. Pentru determinarea celorlalți indici, se va imagina că fiecare lucrare mi-

nieră, care străpunge zăcămintul (dreaptă de străpungere), este de formă prismatică cu secțiunea de circa 1 m^2 .

La calculul volumului, se poate considera că, după direcția dată, avem volumul $v = m \text{ m}^3$. La compoziția omogenă a minereului, rezerva sa liniară va fi $q = m R_m$ și rezerva liniară a componentului util $p = m R c_m$ sau $p = m c'_m$ unde R_m este greutatea volumetrică a minereului (greutatea unui metru cub de minereu). c sau c' este conținutul componentului util, corespunzător într-o tonă sau într'un metru cub de minereu. Conținutul componentului se poate exprima în procente sau în măsuri de greutate. În acest mod, mărimile v sau m , p , q sunt indici liniari.

În cazul minereului neomogen, în locul expresiilor scrise mai sus, pentru indicatori liniari:

$$\left. \begin{aligned} v &= m \text{ m}^3 \\ q &= m R_m \\ p &= m R c_m = m c'_m \end{aligned} \right\} \quad (5.4)$$

vom avea

$$\left. \begin{aligned} v &= m \text{ m}^3 \\ q &= \int_0^m R dm \\ p &= \int_0^m (R c) dm = \int_0^m c' dm \end{aligned} \right\} \quad (5.5)$$

1. CARACTERISTICA DE INTERVAL A INDICILOR LINIARI

Pentru determinarea indicelui într'un mediu neomogen, se vor măsura valorile separate ale indicelui, într'o serie de puncte după distanțe determinate (adeseori după condițiile de eșantionare egale), numite intervale i .

Numerele care exprimă indicele în formă generală se vor nota cu ϵ , iar indicele liniar prin λ .

La minereu omogen vom avea

$$\lambda = m \epsilon, \quad (5.6)$$

unde $\epsilon = 1$, pentru $\lambda = v$, sau $\epsilon = R$ pentru $\lambda = q$ sau, în fine, $\epsilon = R c$ pentru $\lambda = p$.

Pe fig. 212 este trasată curba $xdlrst$ de variație a indicelui după direcția m (a lucrării miniere). Se împarte în intervale egale i , prin punctele $1, 2, 3, 4 \dots k$, unde, în punctul 1, $\epsilon = 0$. Curba intersectează, undeva, în punctul x dreapta (axa) m . În punctele $1, 2, 3 \dots k$ sunt mă-

surate valorile indicelui $\varepsilon_1, \varepsilon_2 \dots \varepsilon_k$. Punctul de intersecție al curbei cu axa este determinat. În multe cazuri, este greu de determinat exact acest punct, din cauza lipsei contactului precis al zăcământului, cu rocele înconjurătoare.

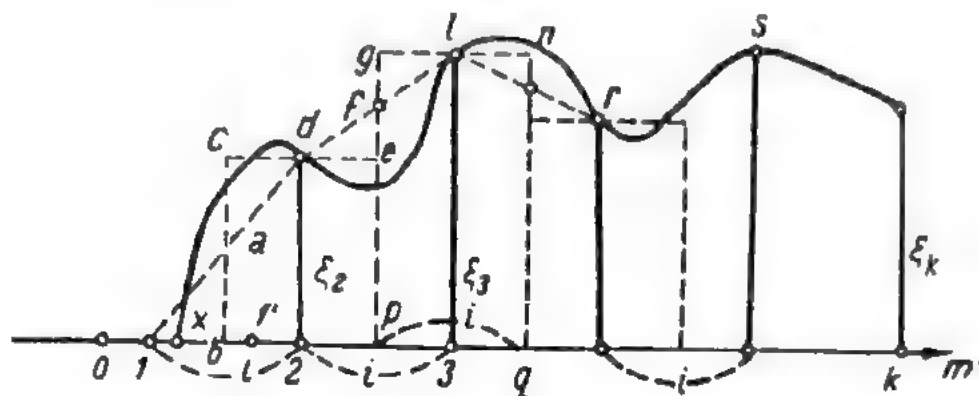


Fig. 212

Luând $\sum \varepsilon$ ai tuturor valorilor indicilor măsurați și înmulțindu-i cu intervalul i , se obține expresia pentru indicele liniar λ , pentru poziția dată a punctelor de explorare $1, 2, 3 \dots k$:

$$\lambda = i \sum \varepsilon \quad (5.7)$$

Aceasta exprimă destul de precis și definit mărimea lui λ . λ se mai poate reprezenta și sub formă unei sume a suprafețelor dreptunghiulare $i\varepsilon_2 + i\varepsilon_3 + i\varepsilon_4 \dots$, etc. construite după valorile corespunzătoare ale indicelui. De exemplu produsul $i\varepsilon_3$ este reprezentat în fig. 212 prin dreptunghiul $pgnq$. Suma suprafețelor dreptunghiurilor indicate este identică cu suprafața cuprinsă între axă și linia frântă $1dlr \dots$, care unește capetele ordonatelor $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3 \dots$.

Aceasta rezultă din egalitatea triunghiurilor dreptunghiulare $1ab$ și acd , def și $fgl \dots$ etc. întrucât $1b = b2$, $de = gl, \dots$. De aici rezultă că valoarea lui λ , obținută din formula (5.7), este identică cu suprafața reprezentată prin poligonul a cărui înălțimi sunt capetele ordonatelor măsurate ε , unde intră și $\varepsilon_1 = 0$.

Poligonul arătat va înlocui curba indicelui, cu condiția aplicării formulei (5.7). Se poate presupune, că pe toată lungimea indicelui, care poate avea o formă concavă sau convexă, formula (5.7) va da erori cu un singur semn (+) sau (-).

Din fig. 213 rezultă că, în cazul arcului de cerc, se poate imagina o asemenea situație a împărțirii în intervale, în cadrul căreia, poligonul construit după formula (5.7) separă o suprafață mai mică sau mai mare, decât suprafața limitată de arc de cerc și coarda m . Astfel, poligonul $1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4, 5$, corespunzând împărțirii $1, 2, 3, 4, 5$, dă o suprafață mai mică decât suprafața arcului de cerc cu aceleași puncte,

iar poligonul $0 \varepsilon_1' \varepsilon_2' \varepsilon_3' \varepsilon_4' 5'$ dă o suprafață mai mare decât segmentul limitat de arcul de cerc și axa m . Mărirea suprafeței se produce aici pe scama suprafețelor limitrofe $0_1, 1_1$ și $5 \varepsilon_4' 5'$.

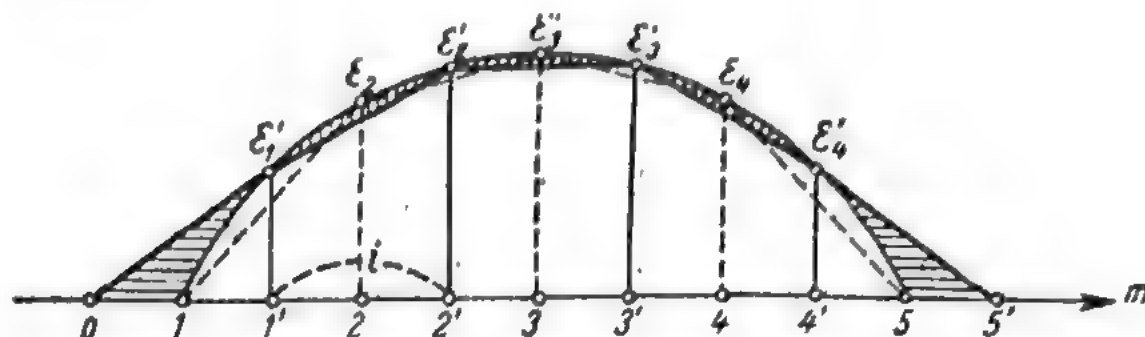


Fig. 213

Dacă se deplasează împărțirea pe intervalele i după axa m , cu mărirea de $\Delta_1 i = \delta i = \frac{i}{p}$, se va obține o nouă sumă $\sum \varepsilon_1$, pentru valorile măsurate ale indicelui. La o deplasare ulterioară a împărțirii (diviziunii) cu mărirea δi sau în total cu $\Delta_2 i = 2\delta i$, se va obține o nouă valoare pentru suma $\sum \varepsilon_2$ și așa mai departe, până la $\sum \varepsilon_p$, care corespunde cu $\Delta_p i = p\delta i = i$.

Se așează pe ordonate, în limitele unui interval i (fig. 214), toate sumele dela $\sum \varepsilon_0$ la $\sum \varepsilon_p$ și, unind capetele ordonatelor, se obține o curbă continuă. Pentru p , destul de mare, sau pentru deplasările mici δi , această curbă va fi apropiată de curba reală a sumelor $\sum \varepsilon$. În fig. 214 este reprezentată o astfel de curbă, sub formă $oabn$. Dintre toate sumele dela $\sum \varepsilon_0$ până la suma egală cu $\sum \varepsilon_p$ există o anumită sumă $\sum \varepsilon_u$, care este egală cu valoarea reală a indicelui liniar λ , împărțit la intervalul i .

$$\sum \varepsilon_u = \frac{\lambda_{real}}{i} \quad (5.8)$$

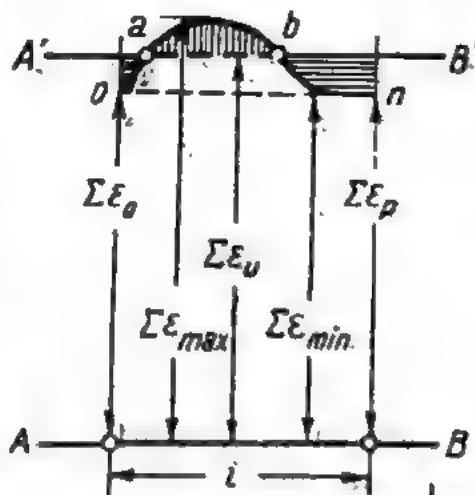


Fig. 214

În fig. 214 se duce, la distanța $\sum \varepsilon_u$ dreapta $A'B'$ paralelă cu AB . Această dreaptă va intersecta curba sumelor în două puncte a și b , întrucât $\sum \varepsilon_0 = \sum \varepsilon_p$. Este aproape sigur că dreapta $A'B'$ va trece la mijlocul valorilor $\sum \varepsilon_{max}$ și $\sum \varepsilon_{min}$. În general trebuie considerat că $\sum \varepsilon_u$ există în realitate și chiar la intervale considerabile ale lui i , dar la o împărțire adecvată, se poate obține pentru λ o valoare, apropiată de cea reală, calculând cu formula (5.7).

În numărul p de poziții ale împărțirii, două sau chiar mai multe poziții dau $\sum \varepsilon$, apropiate de $\sum \varepsilon_u$, care, fiind înmulțită cu i , dau λ , apropiat de λ_{real} .

La construcția curbelor continue, pentru orice poziție a împărțirii, se vor admite erorile individuale, ca o consecință a interpretării individuale, la construirea acestor curbe și este puțin probabil, ca această eroare să fie egală cu zero. Erorile variază neregulat și nu după o curbă continuă oarecare, ci prin salturi.

Calculul indicelui liniar după formula (5.7) se bazează pe metoda propusă de D. A. Kazacovski (19), numită de el metoda cifrelor comune. N. G. Kell (22) propune să se numească metoda sumei de intervale a proprietăților.

Prin metoda indicată, după cum rezultă din cele expuse, indicele liniar se determină în limitele punctelor nule extreme ale împărțirii, după formula (5.7). De aceea, la construirea curbei sumelor pe fig. 214, trebuia ca la fiecare deplasare a împărțirii cu mărimea δi , să se adauge la extreme, dacă aceasta era necesar, puncte cu valori nule ale indicatorului (proprietățile). Astfel, după cum rezultă din fig. 212, la deplasarea spre dreapta a întregului sistem cu segmentul $1-1'$, punctul 1 a venit în poziția $1'$, unde ε are deja o valoare oarecare, diferită de zero. De aceea, a fost necesar să se adauge punctul 0 spre stânga, situat la distanța i de punctul $1'$, pentru a îndeplini condițiile, în aplicarea metodei.

Același lucru s'a făcut și în cazul fig. 213, unde, pentru împărțirea $1', 2', 3'$ și $4'$, s'a adăugat punctul 0 spre stânga și punctul $5'$ spre dreapta, care dau pentru ε valori zero. În acest caz $1'-0$ și $4'-5'$ sunt egale cu intervalul i .

Aceste puncte de adaus trebuie luate în considerație teoretic, în cazul când limitele zăcământului (curbei indicelui) sunt clar vizibile sau deschise. În caz contrar, se va schimba sensul calculului, după formula (5.7). Practic, în acest caz nu se măsoară ε în punctele de adaus, deoarece în aceste puncte nu există zăcământ.

Fie ca în punctul k (fig. 212) pe axa m , indicele liniar λ se împarte în două λ' și λ'' , astfel că valoarea extremă a proprietății este egală cu ε_k . Valoarea ε_k se va introduce în suma ε cu jumătate valoare, dacă se vor calcula separat părțile λ' și λ'' , după formula (5.7), aceasta pentru a păstra valoarea întregului indice λ .

Astfel:

$$\lambda' = i (\sum' \varepsilon - 0,5 \varepsilon_k), \quad (5.9)$$

unde $\sum' \varepsilon$ este suma valorilor indicilor împreună cu valoarea extremă a părții date.

Dacă în ambele părți există punctele extreme indicatoare ale împărțirii ε_k și $\varepsilon_{k'}$, formula care dă pe λ în limitele acestor puncte indicatoare extreme va fi:

$$\lambda' = \left[\sum \varepsilon - 0,5 (\varepsilon_k + \varepsilon_{k'}) \right]. \quad (5.10)$$

În expresia (5.10), ca și în expresia (5.9), în suma $\sum \varepsilon$ intră toate valorile, inclusiv cele extreme.

Formula (5.10) se aplică, în cazul când indicele (proprietatea) — de exemplu conținutul componentului util —, capătă valoarea determinată pentru k și $\varepsilon_{k'}$, dela însăși extremitatea zăcămintului.

2. EROAREA METODEI CIFRELOR COMUNE (METODA SUMEI INTERVALELOR)¹

Eroarea comună la determinarea indicilor se compune din erori tehnice (erorile de măsurare) și erori de analogie. Aprecierea lor se face separat. În capitolul de față se vor trata numai erorile de analogie.

Eroarea λ , calculată cu formula (5.7) este o eroare de analogie. Originea acesteia se datorește faptului că valorile indicelui se calculează, aproape totdeauna, după un număr limitat de date de explorare. La aceasta se adaugă și faptul, că datele indicate se referă la caracteristica ascunsă a suprafeței invizibile, care prezintă indicele cercetat.

În fig. 215, curba plină, îngroșată, exprimă variația reală a indicelui în intervalul curbei 1—8. Suprafața curbei date este hașurată cu linii pline și este însemnată în figură cu S .

În punctele 1, 2, 3 ... 8 ale distanței date, la intervale egale, sunt determinate valorile indicelui, înscrise lângă fiecare punct, la numitor.

După ordonatele egale cu valorile nemerice ale indicelui se construiește linia frântă (în fig. 215 reprezentată prin linii întrerupte), care reprezintă curba variațiilor indicelui, pentru împărțirea dată a punctelor de ridicare. Suprafața acestei curbe este hașurată în întregime cu linii întrerupte și este însemnată cu S' . În acest caz $S' \neq S$.

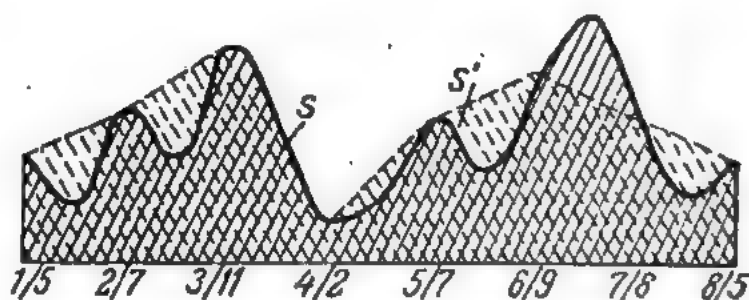


Fig. 215

Diferența $S' - S$ arată eroarea de analogie la determinarea valorii indicelui și exprimă mărimea ei pentru împărțirea dată. Raportul acestei diferențe față de S va exprima mărimea erorii analoage relative. Se deosebesc erorile analoage reale și de limită.

¹ Din cauza studierii insuficiente, problemele de apreciere a exactității calculului rezervelor și a valorilor medii ale indicilor zăcămintelor se expun sub formă generală (Nota Redacției).

Prin eroare reală de analogie, se înțelege diferența relativă între valorile calculate ale indicelui și valoarea lui reală, în cazul plasării arbitrare, pe o linie, a punctelor de ridicare.

Prin eroare limită de analogie se înțelege diferența relativă maximă între valoarea reală și cea calculată. Prin urmare, eroarea reală de analogie este limitată de eroarea limită, adică nu poate fi mai mare decât cea din urmă, la o poziție oarecare a împărțirii punctelor de măsurare, pe linie! Eroarea limită de analogie se poate obține din măsurarea pe curbe neregulate, sau din modele de formă neregulată. Trebuie să fie executate un număr mare de măsurări, pentru a elabora o regularitate determinată, exprimată sub formă de tabele.

Pentru curbele care pot fi exprimate analitic, de exemplu pentru elipsă, eroarea limită de analogie poate fi calculată.

Astfel, eroarea de analogie pentru indicele liniar λ , calculat cu formula (5.7), se poate exprima sub forma

$$\lambda - \lambda_{real} = i(\sum \varepsilon - \sum \varepsilon_u). \quad (5.11)$$

Eroarea reală de analogie relativă a indicelui liniar se va exprima cu formula

$$M(\lambda)_p = \frac{\lambda - \lambda_{real}}{i \sum \varepsilon} = 1 - \frac{\sum \varepsilon_u}{\sum \varepsilon}. \quad (5.12)$$

Eroarea limită de analogie se va exprima:

$$\text{sau } \left. \begin{aligned} M(\lambda)_{limită} &= \frac{\sum \varepsilon_{max}}{\sum \varepsilon_u} - 1 \\ M(\lambda)_{limită} &= \frac{\sum \varepsilon_{min}}{\sum \varepsilon_u} - 1 \end{aligned} \right\} \quad (5.13)$$

unde $\sum \varepsilon_{max}$ și $\sum \varepsilon_{min}$ sunt sume maxime și minime ale valorilor măsurate ale indicelui, la intervalul constant dat i și la poziția variabilă a împărțirii punctelor de măsurare pe linie, în limitele punctelor zero. În fig. 214 întâmplător $\sum \varepsilon_{min} = \sum \varepsilon_0 = \sum \varepsilon_p$. La variația indicelui după o curbă neregulată undulată se poate lua:

$$\sum \varepsilon_{max} - \sum \varepsilon_u = \sum \varepsilon_u - \sum \varepsilon_{min}, \quad (5.14)$$

de unde:

$$M(\lambda)_{limită} = \frac{\sum \varepsilon_{max} - \sum \varepsilon_{min}}{2 \sum \varepsilon_u}, \quad (5.15)$$

Odată cu micșorarea intervalului i , se micșorează și eroarea limită relativă $M(\lambda)_{limită}$, care tinde spre zero, atunci când intervalul i tinde la zero.

Eroarea reală $M(\lambda)$ nu depășește limitele $M(\lambda)_{limită}$, luând în acest interval diferite valori, printre care și valoarea egală cu zero.

Nu există o lege definită a scăderii erorilor reale. Se poate însă întâmpla, de exemplu, că reducând intervalul i de două ori, eroarea reală

pentru poziția concretă a împărțirii în intervale poate fi mai mare decât erorile, la intervalul inițial neredus. Aici, se poate vorbi numai de o reducere probabilă a erorii reale de analogie, la reducerea intervalului.

Dacă se reprezintă o eroare limită de analogie, sub forma unei curbe, care se apropie asimptotic de linia zero, pe măsura reducerii intervalului, dela i la zero, eroarea reală de analogie va varia în interiorul suprafeței, între curba erorii limită și linia zero, însă forma ei, la împărțirea stabilă și reducerea treptată a intervalului, va fi în zig-zag.

Aceasta prezintă o confirmare suplimentară a faptului, că aprecierea exactității calculului, după formula (5.7), trebuie să se bazeze numai pe eroarea limită de analogie.

Cum arată cercetările executate de către D. A. Kazacovski (19) asupra modelelor corpurilor de forme neregulate erorile de analogie depind de variația grosimii, distanța dintre punctele de măsurare a ei și poziția rețelei punctelor de măsurat. Eroarea numerică poate să atingă 20%, sau chiar mai mult.

Pentru ilustrarea calculului erorilor de analogie, pentru curbele care pot fi exprimate analitic, se dă exemplul de calcul pentru semielipsă, luat din lucrarea menționată mai sus (22) a lui N. G. Kell. Fie curba reală de variații ale indicelui pe direcția axei x de formă semieliptică, a cărei axă principală a coincide cu direcția x :

Se împarte diametrul elipsei în intervalele $i = \frac{1}{20} \cdot 2a = \frac{a}{10}$ și apoi se deplasează treptat împărțirea cu un pas oarecare $\delta i = \frac{i}{20} = 0,01a$, plecând dela poziția inițială, la care punctul din mijloc al împărțirii coincide cu centrul elipsei, sau cu originea coordonatelor pentru ecuația generală a elipsei:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \quad (5.16)$$

Se ia $x = \Delta m + \Delta i = k_x a$ și $y = s = k_y b$ după, care, cu ajutorul valorilor date lui k_x se determină k_y .

Înlocuind în expresia (5.16) valorile x și y , se obține:

$$\frac{k_x^2 a^2}{a^2} + \frac{k_y^2 b^2}{b^2} = 1 \text{ sau } k_x^2 + k_y^2 = 1$$

de unde

$$k_y = \sqrt{1 - k_x^2} \text{ și } s = b \sqrt{1 - k_x^2}. \quad (5.17)$$

Polosind ultima expresie și tabela patratelor, se calculează ușor ordonatele pentru s în subdiviziuni ale semiaxei b a elipsei. Aici, Δm este distanța punctului dat al împărțirii dela centrul exprimat în subdiviziunile semiaxei a , iar Δi este deplasarea împărțirii egală cu 0, δi , $2\delta i$, ..., $10\delta i$, exprimată de asemenea prin subdiviziunile semiaxei a .

Rezultatele calculului ordonatelor s , după formula (5.17), sunt date în tabela 11. Aici, k_x este luat din 0,01 a , dela -1 la $+1$.

Tabela 11

Valorile numerice pentru ϵ , exprimate prin subdiviziunile semiaxei b

Nr. punctelor împărțirii	Δl	+0,00	+0,01	+0,02	+0,03	+0,04	+0,05	Δl	Nr. punctelor împărțirii
	$\Sigma \epsilon$ Δm	15,522	15,661	15,712	15,742	15,756	15,764	$\Sigma \epsilon$ Δm	
—	—	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	+1,0	21
1	—1,0	0,000	0,141	0,199	0,243	0,280	0,312	+0,9	20
2	—0,9	0,436	0,456	0,475	0,493	0,510	0,527	+0,8	19
3	—0,8	0,600	0,613	0,626	0,638	0,650	0,661	+0,7	18
4	—0,7	0,714	0,724	0,733	0,742	0,751	0,760	+0,6	17
5	—0,6	0,800	0,807	0,815	0,822	0,828	0,835	+0,5	16
6	—0,5	0,866	0,872	0,877	0,883	0,888	0,893	+0,4	15
7	—0,4	0,916	0,921	0,925	0,929	0,933	0,937	+0,3	14
8	—0,3	0,954	0,957	0,960	0,963	0,966	0,969	+0,2	13
9	—0,2	0,980	0,982	0,984	0,985	0,987	0,989	+0,1	12
10	—0,1	0,995	0,996	0,997	0,998	0,998	0,999	+0,0	11
11	—0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	—0,1	10
12	+0,1	0,995	0,994	0,993	0,992	0,990	0,989	—0,2	9
13	+0,2	0,980	0,978	0,976	0,973	0,971	0,969	—0,3	8
14	+0,3	0,954	0,951	0,947	0,944	0,940	0,937	—0,4	7
15	+0,4	0,916	0,912	0,908	0,903	0,898	0,893	—0,5	6
16	+0,5	0,866	0,860	0,854	0,848	0,842	0,835	—0,6	5
17	+0,6	0,800	0,792	0,785	0,777	0,768	0,760	—0,7	4
18	+0,7	0,714	0,704	0,694	0,683	0,673	0,661	—0,8	3
19	+0,8	0,600	0,586	0,572	0,558	0,543	0,527	—0,9	2
20	+0,9	0,436	0,415	0,392	0,368	0,341	0,312	—1,0	1
21	+1,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	—	—

Nr. punctelor împărțirii		15,522	15,661	15,712	15,742	15,756	15,764		Nr. punctelor împărțirii
		+0,10	+0,09	+0,08	+0,07	+0,06	+0,05		

λ_{real} al unei semileipse $= 0,5 \pi ab = 1,571 ab$ (5.18) $\Sigma \epsilon_u = \frac{\lambda_{real}}{l} = \frac{\lambda_{real}}{0,1 a} = 15,708 b$.

În baza acestora se calculează diferențele $\Sigma \epsilon - \Sigma \epsilon_u$ și se determină $M(\lambda)_r$ cu formula (5.12), prin expresie relativă în procente, la deplasările împărțirii cu 0, $2\delta_p, \dots, 10\delta_p$.

Rezultatele sunt date în tabela 12.

Tabela 12

Valorile numerice reale ale erorilor relative $M(\lambda)_r$, exprimate în % (elipsa)

ΔI	0,00	+0,01	+0,02	+0,03	+0,04	+0,05	+0,06	+0,07	+0,08	+0,09	+0,10
$\Sigma \varepsilon$	15,52	15,661	15,712	15,742	15,756	15,764	15,756	15,742	15,712	15,661	15,52
$\Sigma \varepsilon - \Sigma \varepsilon_n dx$	-0,185	-0,047	+0,004	+0,034	+0,048	+0,056	+0,048	+0,034	+0,004	-0,047	-0,186
$M(\lambda)_r$, %	-1,18	-0,30	+0,025	+0,21	+0,30	+0,35	+0,30	+0,21	+0,025	-0,30	-1,18

Tabela 13

Valorile numerice reale ale erorilor relative $M(\lambda)_r$, exprimate în % pentru $i=0,2$ $a=0,1$ m

ΔI	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
$\Sigma \varepsilon$	-7,592	7,790	7,851	7,899	7,922	7,930	7,922	7,899	7,857	7,790	7,592
$\Sigma \varepsilon - \Sigma \varepsilon_n$	-0,262	-0,064	+0,003	+0,045	+0,063	+0,076	+0,068	+0,045	+0,003	-0,064	-0,262
$M(\lambda)_r$, %	-3,34	-0,81	+0,04	+0,57	+0,86	+0,96	+0,86	+0,57	+0,04	-0,81	-3,34

Fig. 216 reprezintă grafic variația $M(\lambda)_r$ în procente, după tabela 12. Dreapta 0-0 corespunde cu $\Sigma \epsilon_u$.

Erorile $M(\lambda)_r$ egale cu zero corespund punctelor S' și t , care corespund deplasării împărțirii din poziția ei inițială cu $0,18 i$ și $0,82 i$ sau, ceea ce este identic, cu $0,018a$ și $0,082a$.

Pe baza tabelii 11 se poate compune o tabelă pentru ϵ , în subdiviziunile semiaxei b , cu alt număr de intervale, de exemplu, de două ori mai mic. La asemenea împărțiri, $\Sigma \epsilon_u$ în subdiviziunile

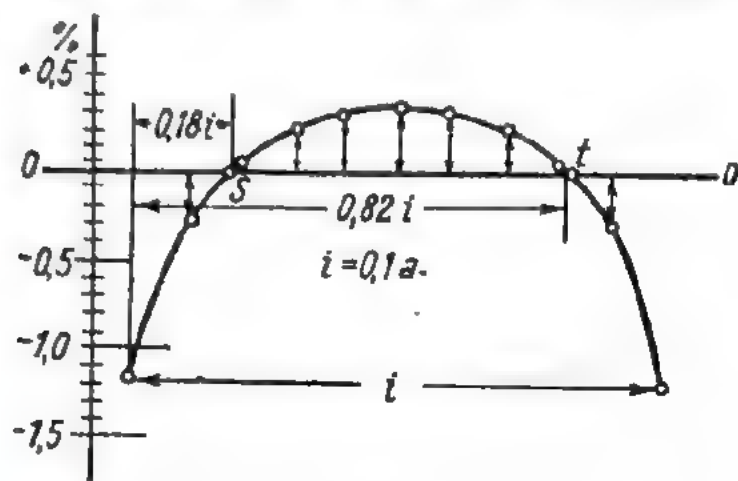


Fig. 216

semiaxei b va fi $\frac{1,5708}{0,2a} = 7,854$, corespunzător exprimării erorilor $M(\lambda)_{rea}$ la deplasarea împărțirii cu $0, 2, 4, 6, 8, 10$ rezultate fiind reprezentate în tabela 13.

Tabelele 12 și 13 dau, în același timp, mărimile erorilor limită pentru cazurile, arătate de împărțiri, ale punctelor de explorare.

Din cele expuse rezultă, că valorile erorilor relative pentru semielipsă nu depind de forma ei, ci numai de numărul punctelor de împărțire. Această regulă este valabilă și pentru semicerc.

3. CARACTERISTICA VĂRIAȚIEI INDICILOR ZĂCĂMANTULUI

La explorarea zăcămintelor de substanțe minerale utile și la calculul rezervelor apare, totdeauna, variația indicilor. Cu cât indicii zăcământului sunt mai variabili, cu atât determinarea valorilor lor trebuie făcută în mai multe puncte. În caz contrar, studiul zăcământului poate fi insuficient, ceea ce poate produce complicații în timpul priectării și al exploatării, sau poate constitui cauza unor erori mari, atât la calculul rezervelor, cât și la determinarea caracteristicilor medii ale zăcământului.

Totuși, nu, orice variație complică, în același grad, condițiile de explorare și de exploatare. De exemplu, dacă grosimea zăcământului nu rămâne constantă, ci variază liniar, chiar la un număr mic de puncte de explorare se poate determina, destul de complet, forma zăcământului, iar calculul rezervelor și grosimea medie se pot obține cu precizie mare.

Astfel, la geometrizarea și la calculul rezervelor zăcămintelor substanțelor minerale utile, variația indicilor trebuie considerată ca un factor care complică, într-o măsură oarecare, studiul calitativ și can-

titativ al zăcămintelor. Dacă variația este simplă sau regulată, ea nu creează greutăți mari, însă la creșterea sau la reducerea neregulată a indicilor, studiul zăcămintului devine anevoios.

Este important să se caracterizeze numeric variația indicilor. În statistica matematică și pentru caracterizarea variației absolute a indicelui, se folosesc erori medii patratică:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n}}, \quad (5.19)$$

în care: σ este eroarea medie patratică;

$\sum \Delta^2$ — suma pătratelor erorilor indicelui, măsurate față de media sa aritmetică;

n — numărul determinărilor (observațiilor).

Variația relativă a indicelui se caracterizează prin coeficientul de variație:

$$\nu = \pm \frac{\sigma}{\varepsilon_{\text{mediu}}}, \quad (5.20)$$

în care: ν este coeficientul de variație;

σ — eroarea medie patratică;

$\varepsilon_{\text{mediu}}$ — valoarea medie a indicelui.

D. A. Kazacovski (19) a propus să se folosească, pentru caracterizarea variației absolute a indicelui, valoarea medie μ_a a diferențelor la a doua măsurare, ale valorilor indicelui:

$$\mu_a = \frac{\sum \Delta''}{k}, \quad (5.21)$$

unde $\sum \Delta''$ este suma a doua a diferențelor valorilor măsurate ale indicelui;

k — numărul diferențelor din a doua observație.



Fig. 217

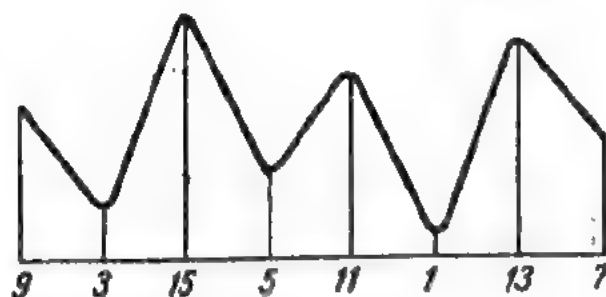


Fig. 218

Se va arăta superioritatea caracteristicii de variație a indicelui, prin valoarea medie a diferenței a doua, față de caracteristica prin eroarea medie patratică.

Fie o serie $1, 3, \dots, 15$ de valori măsurate ale indicelui, de exemplu grosimile după o direcție oarecare (fig. 217). După cum rezultă din figură, în cazul dat, indicele variază uniform liniar. În limitele distanței date, valoarea indicelui și a variației lui se caracterizează, pe deplin, prin valorile indicelui în punctele extreme. La o altă poziție a aceleiași valori măsurate a indicelui, reprezentat în fig. 218, variația lui este reprezentată printr-o curbă complexă, pentru determinarea căreia, în limitele distanței date, se cere un număr mare de măsurări ale indicelui.

Caracteristica numerică a variației indicelui prin eroarea medie patrată, pentru cazurile reprezentate în fig. 217 și 218, va fi aceeași, cu toate că, între ele, există o diferențiere bruscă (tabela 14).

Tabela 14

Calculul erorii medie patratice a indicelui pentru exemplele din fig. 217

Valorile măsurate ale lui s a indicelui	1	3	5	7	9	11	13	15	$s_{\text{mediu}} = 8$
Deviația dela media aritmetică Δ	7	5	3	1	1	3	5	7	$\sigma = \pm \sqrt{\frac{168}{8}} =$
Eroarea medie patrată Δ^2	49	25	9	1	1	9	25	49	$= \pm \sqrt{21}$

Variația relativă a indicelui se va exprima, în ambele cazuri, prin valoarea:

$$\nu = \pm \frac{\sigma}{s_{\text{mediu}}} = \pm \frac{\sqrt{21}}{8}.$$

La folosirea formulei (5.21), variația absolută a indicelui, reprezentată prin curbă în fig. 217, se va exprima prin valoarea:

$$\mu_a = \frac{\sum \Delta^2}{k} = 0,$$

deoarece în acest caz, a doua diferență este egală cu zero. Variația indicelui, care este reprezentată prin curba din fig. 218, după aceeași formulă, se va determina astfel (tabela 15).

Tabela 15

Calculul variației în a doua diferență pentru exemplul din fig. 218

Nr. de ordine	Valoarea indicelui	Diferența întâi	Diferența a doua	Observații
1	9	+ 6		
2	3	-12	18	
3	15	+10	22	
4	5	- 6	16	
5	11	+10	16	
6	1	-12	22	
7	13	+ 6	18	
8	7			

$$\Sigma z = 64$$

$$\Sigma \Delta'' z = 112$$

Variația relativă μ a indicelui se va exprima prin raportul mărimii μ_a la valoarea medie a indicelui ε_{mediu} și anume:

$$\mu = \frac{\mu_a}{\varepsilon_{mediu}} \quad (5.22)$$

În exemplul arătat mai sus $\mu = \frac{18,66}{8} = 2,33$.

Numărul μ se poate numi indicele de variație. El caracterizează gradul variației, care oglindește exactitatea obținerii indicelui liniar.

Astfel, acest număr exprimă mai precis variația indicelui la supunerea celui din urmă la situații locale și, din această cauză, metoda arătată de evaluare numerică a variației, are prioritate vizibilă, față de evaluarea ei prin eroarea mediei pătratice σ și prin coeficientul de variație v .

Prioritatea indicată rezultă din esența variației în a doua diferență, care caracterizează forma curbei proprietăților zăcământului.

Trebue să se țină seamă, că diferența a doua începe să caracterizeze curba proprietăților dela o limită determinată a subdivizării ei.

Dacă ondulațiile curbei de variație a indicelui se cuprind în limitele unui interval, sau într-o porțiune a intervalului, atunci o parte însemnată a diferențelor din a doua măsurare poate să se anihileze și, din această cauză, se poate obține o imagine injustă a variației curbei.

Desimea împărțirii trebuie dusă până la limita, la care punctele vecine de explorare cad pe porțiunea undei. Numai din acest moment, mărimea intervalului începe să exprime distanța medie dintre maximele și minimele undei curbei proprietăților, sau ale amplitudinilor, și diferența a doua determină variația.

La studiul profilului suprafeței topografice ascunse, după o direcție de explorare oarecare, drept criteriu pentru atingerea valorii limite a intervalului i , sau a unei desimi suficiente a punctelor de explorare, servește lipsa schimbării semnului la primele diferențe, care se referă la valorile indicelui, pentru punctele suplimentare plasate, între punctele de explorare existente.

4. CARACTERISTICA NUMERICA A STADIULUI DE CUNOAȘTERE A INDICILOR

Stadiul de cunoaștere a substanțelor minerale utile se compune din caracteristicile indicilor separați. Acestea, la diferite etape ale studierii, se cercetează dealungul lucrărilor miniere, sau al rețelelor de explorare.

După totalitatea caracteristicilor liniare ale indicelui se creează caracteristica generală a întregului zăcământ. Pentru aprecierea gradului de studiere al indicelui este important să existe un criteriu obiectiv. Pentru categoriile superioare de rezerve, pot servi ca criteriu valorile erorii de limită relative, după care se determină indicii separați ai zăcământului. Aici este vorba de eroarea limită de analogie. Pentru aprecierea gradului de studiere al rezervelor de categorie inferioară, criteriul arătat nu este aplicabil, deoarece pentru acestea, valoarea erorii de analogie se determină greu. Mărimea erorii de analogie, la determinarea indicelui, depinde de gradul său de variație și de intensitatea relativă a punctelor, în care se determină indicele.

Caracteristica numerică de variație a indicelui, cu ajutorul diferenței a doua, este posibilă dela o limită de subdiviziune a punctelor de explorare ale curbei proprietăților. Rezultă că, din acest moment, este posibilă și determinarea numerică a erorii limită de analogie, folosind, în acest scop, mărimile μ .

Dacă totalul influenței ambelor condiții asupra valorii erorii de analogie, va fi exprimat printr'un număr oarecare, însemnat cu t , această expresie se va prezenta, în general, sub forma următoare:

$$t = \frac{\mu}{n} \quad (5.23)$$

În care μ este variația relativă a indicelui;

n — numărul punctelor, unde s'a determinat indicele.

Deoarece t este mic, D. A. Kazacovski a propus ca să fie exprimat în „promile” (în miimi), adică:

$$t = \frac{1\,000\ \mu}{n} \quad (5.24)$$

Cu cât t este mai mic, cu atât gradul de studiere al indicelui este mai mare și cu atât eroarea de analogie la determinarea sa este mai mică. Astfel, mărimea inversă lui t este direct dependentă de gradul de studiere al oricărui indice al zăcământului și, de aceea, poate fi acceptată drept caracteristică numerică a acestui grad de studiere. Insemnând această mărime cu R , se obține următoarea expresie:

$$R = \frac{n}{1\,000\ \mu} \quad (5.25)$$

Înlocuind și ultimele valori numerice care intră în μ , expresia (5.25) se va prezenta definitiv sub forma următoare:

$$R = \frac{n \cdot k \cdot \varepsilon_{mediu}}{1000 \sum [g \cdot \Delta'' \varepsilon]} \quad (5.26)$$

în care: n este numărul de puncte, în care s'a făcut determinarea indicelui;

k — numărul diferenței a două dintre valorile măsurate ale indicelui;

ε_{mediu} — valoarea medie a indicelui;

$\sum [g \Delta'' \varepsilon]$ — suma valorilor numerice ale diferențelor din a doua măsurare dintre valorile măsurate ale indicelui, înmulțite cu coeficientul greutatei lor. Coeficientul de greutate este egal cu 0,7 pentru liniile diagonale și cu 1, pentru liniile direcționale și transversale ale rețelei pătrate.

Trebue să se țină seamă de faptul, că exactitatea determinării lui R se asigură pentru $n > 20$.

Practic, este important să se compare valoarea obținută pentru R din explorări, cu eroarea de analogie limită, $M(K)_{limită}$, la determinarea oricărui indice al zăcământului. Pentru aceasta trebue să se cunoască caracterul de dependență dintre ele. Cea din urmă se poate scrie sub forma

$$M(K)_{limită} = f(R). \quad (5.27)$$

Expresia analitică a acestei funcții este necunoscută. Ca primă apropiere de forma dependenței, arătate într'un interval oarecare, D. A.

Kuzacovski (19) a prezentat, sub forma unei țabele, rezultatele experimentării executate asupra modelelor de corpuri cu forme neregulate. Concluziile obținute au găsit confirmarea în industrie, la o serie de zăcăminte. Tabela indicată și reprezentarea grafică a expresiei sunt date în fig. 219. Din fig. 219 rezultă, că pentru valori mici, date lui R , eroarea limită de analogie $M(K)_{limită}$ își schimbă repede valoarea și invers, pentru valorile $R > 0,3$, variația $M(K)_{limită}$ este foarte lentă.

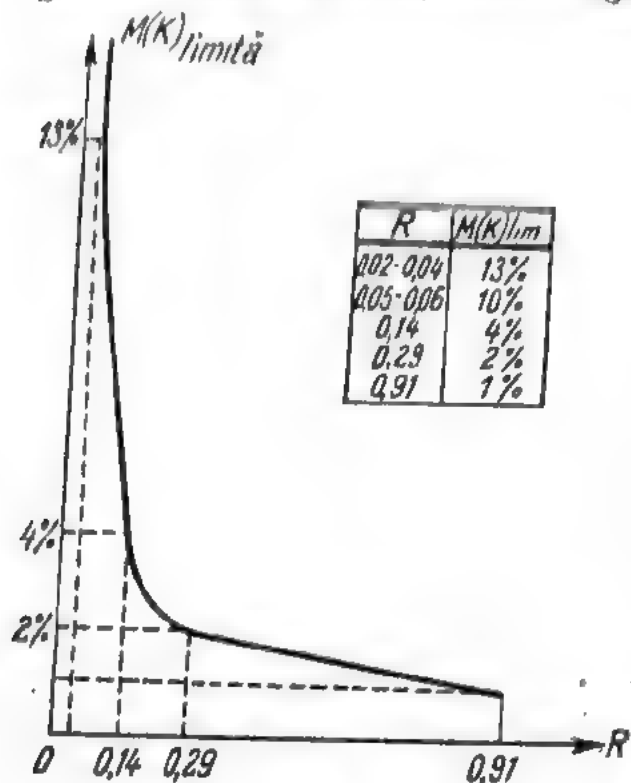


Fig. 219

Această împrejurare prezintă o mare importanță, deoarece arată că, începând dela o anumită mărime determinată a lui R , nu are sens să se mai mărească numărul de puncte pentru determinarea indicelui, deoarece mărirea volumului de lucru nu se justifică prin îmbunătățirea rezultatului obținut.

În tabela 16 sunt date rezultatele calculului erorilor de analogie la determinarea grosimii medii a stratelor de cărbune, măsurate cu ajutorul ridicărilor topografice miniere.

Tabela 16

Rezultatele obținute la calculul erorilor de analogie, la grosimea medie a stratului, după datele măsurătorilor topografice miniere

Locul măsurătorilor	Grosimea medie utilă	Distanța dintre punctele de măsurare a grosimii		Numărul măsurătorilor	Valoarea μ		Valoarea R	Eroarea de analogie $M(K)$ delimitată, în %
		după înclinare	după direcție		pe înclinare	pe direcție		
Mina Nr. 8, stratul IV, frontul 8, orizontul de nord	1,52	5	5	126	0,056	0,063	2,36	1
Nr. 3	1,54	10	10	38	0,078	0,095	0,46	2
Mina Nr. 8, stratul I	1,23	5	5	79	0,121	0,159	0,58	1-2
frontul 9 de sud, orizontul Nr. 3 .	1,21	10	10	23	0,255	0,138	0,11	6

Din tabela 16 rezultă că, la eroarea admisibilă de analogie, în determinarea grosimii medii a stratului, cu măsurarea porțiunilor de 2%, pe stratul IV măsurătorile trebuie făcute din 10 în 10 m, în timp ce la stratul 1, măsurătorile trebuie făcute din 5 în 5 m.

5. APLICAREA STATISTICII MATEMATICE ÎN CERCETAREA PROPRIETĂȚILOR ZĂCĂMANTULUI

Posibilitatea aplicării concluziilor statistice matematice și a teoriei probabilității la cercetarea proprietăților zăcământului se bazează pe faptul, că se admit ca valorile separate la determinarea prin tatonări a proprietăților să se poată raporta la valori statistice, valori întâmplătoare.

La rezolvarea problemelor în minerit și în explorările geologice, presupunerea indicată nu poate fi acceptată fără rezerve.

De cele mai multe ori, proprietățile zăcământului sunt supuse, în distribuirea lor, specificului local al zăcământului, din care cauză, spre deosebire de valorile statistice și întâmplătoare, proprietățile separate depind de poziția (coordonatelor) punctelor, în care aceste proprietăți sunt determinate (19).

Distribuirea și succesiunea lor, fie în lungul unora sau altora dintre direcții, fie la suprafață, neexercitând nicio influență asupra mărimii dispersiei sau deviației medii patratice, influențează în schimb, în mod esențial, asupra erorii reale de determinare a valorii medii a proprietăților, sau a indicelui liniar al zăcământului.

Concluziile statistice matematice sunt folosite la aprecierea valorii medii, obținute dintr'o serie de măsurători, sau pentru stabilirea valorii numerice de legătură dintre indicii zăcământului, independent de distribuirea și continuitatea valorilor lor separate.

Pentru aprecierea valorii medii a indicelui zăcământului, obținut dintr'o serie de măsurători ale acestuia, în diverse puncte și care este supus specificului local, concluziile indicate nu sunt aplicabile. Deobicei, concluziile statistice matematice sunt folosite la aprecierea erorii de analogie, la determinarea valorii medii a indicelui și la fixarea numărului de puncte de explorare, necesare obținerii rezultatului, cu precizia dată.

Pentru exprimarea erorilor de analogie medie se folosește formula cunoscută din statistica matematică asupra devierilor valorii indicelui, calculat după totalitatea datelor obținute prin tatonări

$$m_a = t \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}} k. \quad (5.28)$$

Coeficientul de probabilitate t se obține din formula (integrală) lui Laplace-Liapunov, care exprimă probabilitatea B :

$$B = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-t}^{+t} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (5.29)$$

Pentru

$$\begin{aligned} t=1 & B=0,683, \\ t=2 & B=0,954, \\ t=3 & B=0,997. \end{aligned}$$

Astfel, coeficientul t se alege în funcție de probabilitatea B pretinsă, care trebuie să asigure, că valoarea calculată m_a nu va depăși deviațiile posibile ale valorilor măsurate ale indicelui, dela valoarea lui aritmetică medie.

Eroarea medie patratică σ se calculează cu formula:

$$\sigma^2 = \frac{\sum p \cdot \delta s^2}{\sum p} \quad (5.30)$$

Cea din urmă este expresia generală pentru valoarea greutății medii. Pentru greutatea p se ia mărimea intervalului sau a suprafeței aferente punctului dat, în care s'au făcut măsurările indicelui. Drept valoarea p poate fi luat deasemenea numărul de măsurări ale indicelui, din care s'a dedus valoarea dată s_i^2 . Aici, δs este deviația a dela valoarea medie aritmetică s_{med} . Numărul n în expresia (5.28) este numărul de măsurări.

Coeficientul k se calculează, în statistica matematică, din expresia:

$$k = \frac{S-n}{S-1} \quad (5.31)$$

în care S este volumul totalului general;

n — volumul totalului obținut prin tatonări.

La stabilirea lui k pentru zăcământ, formula (5.31) este înlocuită prin expresia cu aceeași valabilitate:

$$k = \frac{F-nf}{F-f} \quad (5.32)$$

în care F este suprafața sectorului zăcământului;

f — suprafața în limita căreia indicele cercetat poate fi luat ca valoare constantă. La determinarea indicelui liniar, f se exprimă prin intervalul elementar, în limitele căruia proprietățile cercetate se iau drept constante.

Luând $t = 1$, expresia (5.28) se poate transforma în:

$$m_a = \pm \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \cdot \frac{F-nf}{F-f}} \quad (5.33)$$

Pentru $n = \frac{F}{f}$, adică la măsurarea indicelui cercetat într'un număr destul de mare de puncte, k devine egal cu zero. În aceste condiții, și m_a , calculat cu formula (5.33), este egal cu zero.

În general, f este atât de mic față de F , încât k este, practic, egal cu 1.

Fie, de exemplu, suprafața zăcământului $F = 0,1 \text{ km}^2$, explorat cu n sonde ($n = 20$). Admițând că găsirea fără erori a valorilor medii ale indicilor cercetați (de exemplu m_{med} , R_{med} și c_{med}) este posibilă la distanța dintre sonde de 10 m, vom avea $f = 100 \text{ m}^2$.

Înlocuind valorile din formula (5.33) se obține:

$$m_a = \pm \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \cdot \frac{100\,000 - 2\,000}{99\,900}} = 0,99 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \approx \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

adică

$$m_a = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (5.34)$$

Eroarea $M_{\epsilon_{medtu}}$ a valorii medii a indicelui, exprimată în procente față de cel din urmă, pentru condițiile (5.34) se scrie în forma:

$$M(\epsilon_{medtu}) = \frac{m_a \cdot 100}{\epsilon_{medtu}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot \frac{100}{\epsilon_{medtu}} = \frac{v}{\sqrt{n}} \quad (5.35)$$

unde v este coeficientul de variație.

De obicei, sunt date valorile bine determinate ale erorii relative $M_{\epsilon_{med}}$ și se obține numărul punctelor de explorare necesare din expresia:

$$n = \frac{v^2}{M(\epsilon_{medtu})^2} \quad (5.36)$$

Nepotrivirea bruscă, observată des între n calculat cu formula (5.36) și numărul optim de unități de explorare, confirmă că formulele de tipul (5.28), (5.33) și (5.36) pot fi folosite pentru aprecierea erorilor întâmplătoare dar nu pot fi aplicate la cercetarea indicilor zăcămintelor, care variază regulat. De aceea, când variația indicelui cercetat al zăcămintului este subordonată specificului local, cercetarea variației indicelui și studierea lui trebuie să se bazeze pe aprecierea diferențelor a două, dintre valorile lui măsurate. În cazul când indicele zăcămintului, de exemplu conținutul componentului util, variază neregulat, în mod întâmplător, se pot folosi formulele pentru erorile întâmplătoare.

La folosirea coeficientului de variație v , trebuie să se țină seamă că mărimea sa trebuie să fie bine determinată.

În statistica matematică se arată că evaluarea preciziei de calcul a lui v sau a numărului suficient de măsurări n se obține din comparația lui v cu eroarea sa m_v , calculată cu formula:

$$m_v = \frac{v\sqrt{0,5 + (0,01v)^2}}{\sqrt{n}} \quad (5.37)$$

La aceasta, v va trebui să fie mai mare decât 3m.

În toate cazurile urmează ca acțiunile, în ce privește aprecierea rezultatelor de studiere a zăcămintului, să fie legate de situația geologică.

S'a menționat că concluziile statistice matematice pot fi larg folosite la stabilirea legăturilor dintre indicii zăcămintului. Din practica explorărilor geologice și a celor miniere sunt cunoscute cazuri de stabilire a legăturilor de corelație dintre indicii substanței minerale utile și folosirea lor cu succes la calculul rezervelor și la evaluarea zăcămintului. De exemplu, este cunoscută legătura intimă dintre P_v și Z_n într-o serie de zăcămintele de minereuri complexe, legătura dintre conținutul în fier și în bioxid de siliciu la unele zăcămintele de minereuri de fier, etc.

Ca exemplu de corelație bine exprimată între indicii substanței minerale utile, poate servi relația greutatea volumetrică a cărbunilor și a șisturilor combustibile, cum și conținutul în cenușă din ele. Din mai multe cercetări s'a stabilit, că greutatea volumetrică a cărbunilor și a șisturilor combustibile se mărește cu 0,007—0,009, la creșterea conținutului în cenușă cu 1%.

Această împrejurare permite să se corecteze greutatea volumetrică ale cărbunilor și ale șisturilor combustibile, prin metoda calculului analitic, după conținutul mediu în cenușă. În momentul dat și permite să se execute aceasta, după necesitate, fără să se recurgă la operații greoaie de determinare a greutatei volumetrice, prin luarea probelor mari.

Legătura de corelație liniară dintre doi indici, de exemplu dintre indici x și y , se obține din ecuația regresivă, cunoscută în statistica matematică (31);

$$\bar{y}_x - \bar{y} = \rho_y (x - \bar{x}), \quad (5.38)$$

în care \bar{y}_x este valoarea particulară medie pentru y , care corespunde unei anumite valori a lui x ;

\bar{x}, \bar{y} — valori medii comune lui x, y ;

ρ_y — coeficientul regresiei, determinat din expresia:

$$\rho_y = r \frac{\sigma_y}{\sigma_x}. \quad (5.39)$$

Aici, σ_x, σ_y — sunt deviațiile medii pătrate ale lui x, y , dela valorile lor aritmetice medii:

r — coeficientul de corelație, care exprimă gradul de legătură dintre y și x și care se calculează cu formula:

$$r = \frac{C_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}. \quad (5.40)$$

Aici, la rândul său, mărimea

$$C_{xy} = \frac{\sum n_{xy} (x - \bar{x}) (y - \bar{y})}{n} \quad (5.41)$$

este egală cu suma produselor devierilor dela mediile lui x și y [valorile $(x - \bar{x})$ și $(y - \bar{y})$] pe frecvența corespunzătoare a măsurărilor, împărțită la numărul total de observații. Expresia C_{xy} poartă denumirea de covariație.

Din cele expuse rezultă că, în caracteristica legăturilor dintre indicii de corelație al zăcământului, coeficientul de corelație r are o valoare importantă. Valoarea lui este cuprinsă între (-1) și $(+1)$. Când $r = +1$ sau -1 , valorile de corelație x și y au o variație liniară.

Pentru $r = 0$, legătura liniară dintre x și y nu există, cu toate că legătura pe o linie curbă între ele poate să existe. Rezultă că, cu cât r se apropie de unitate, cu atât legătura de corelație liniară, dintre indicii de corelație este mai exactă. Această legătură scade la valorile lui r apropiate de zero.

La o valoare numerică insuficientă a coeficientului de corelație, se naște întrebarea asupra realității existenței legăturii de corelație dintre indicii cercetați. În acest caz, ca și la aprecierea coeficientului de variație în statistica matematică, problema se rezolvă prin comparația valorii numerice a lui r cu eroarea mediei pătratice σ_r , care se determină din expresia:

$$\sigma_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}. \quad (5.42)$$

La aceasta se ia:

$$\frac{|r|}{\sigma_r} \geq 3. \quad (5.43)$$

În cazul legăturii curbilini dintre doi indici, ca gradient al acestei legături servește raportul de corelație η . El are diferite valori pentru corelația dintre y și x , cum și pentru legătura dintre x și y . În primul caz, este notat cu η_y și se calculează din expresia:

$$\eta_y = \frac{\sigma(\bar{y}_x)}{\sigma_y}, \quad (5.44)$$

în care σ_y are semnificația obișnuită, iar $\sigma(\bar{y}_x)$ este egală cu rădăcina pătrată din dispersia valorilor particulare medii ale lui \bar{y}_x , în jurul valorii comune medii date lui \bar{y} din valorile \bar{y}_x . Deasemenea, dispersia valorilor particulare medii \bar{y}_x se calculează din egalitatea:

$$\sigma^2(\bar{y}_x) = \frac{1}{n} \sum n_x \bar{y}_x^2 - \bar{y}^2. \quad (5.45)$$

Raportul de corelație este, totdeauna,

$$0 < \eta < 1 \text{ și } \eta > |r|;$$

pentru $\eta_y = |r|$, regresia y pentru x este precis liniară. Dacă lipsește legătura dintre y și x , $\eta_y = 0$. Valoarea $\eta_y = 1$ indică legătura unică dintre y și x .

Dacă se caracterizează corelația dintre x și y , raportul de corelație se înseamnă η_x și se determină din expresia:

$$\eta_x = \frac{\sigma(\bar{x}_y)}{\sigma_x}. \quad (5.46)$$

Pentru un n mare, raportul de corelație, de exemplu η_y se apreciază cu valori aproximative ale erorii lui medii pătrate σ_{η_y} :

$$\sigma_{\eta_y} = \frac{1 - \eta_y^2}{\sqrt{n}}. \quad (5.47)$$

Aici, ca și la aprecierea lui r , se ia:

$$\frac{\eta_y}{\sigma_{\eta_y}} > 3. \quad (5.48)$$

Pentru ilustrarea celor spuse, se va arăta caracteristica corelației de legătură dintre greutatea volumetrică (R) a gîstului combustibil și a conținutului în cenușă (A), la unele dintre minele din bazinul de gîsturi-combustibile din Estonia.

Datele inițiale sunt arătate în tabela de corelație (tabela 17).

Tabela 17

Tabel de corelație al raportului greutatei volumetrice al șistului combustibil față de conținutul lui în cenușă

A, %	R	1,22 1,26	1,26 1,30	1,30 1,34	1,34 1,38	1,38 1,42	1,42 1,46	1,46 1,50	1,50 1,54	1,54 1,58	158 162		
	mediu	1,24	1,28	1,32	1,36	1,40	1,44	1,48	1,52	1,56	1,60	η_k	R
44—48	46	4	2		1							7	1,27
48—52	50		2			1						3	1,32
52—56	54	1		3		1						5	1,32
56—60	58	1	2	2	1	1	1					8	1,33
60—64	62					1		2				3	1,45
64—68	66				1		2		1	1		5	1,46
68—72	70			1			1		1	1		4	1,46
72—76	74				1						1	2	1,48
76—80	78						1		1			2	1,48
	η_A	6	6	6	4	4	5	2	3	2	1	39	
	A	49,3	51,3	58,0	61,0	56,0	67,6	62,0	71,3	68,0	74,0		

Rezultatele calculului dau următoarea caracteristică pentru indici și pentru corelația lor de legătură¹.

$$R_{\text{mediu}} = 1,372 \text{ și } \sigma_k = \pm 0,1101; \quad A_{\text{mediu}} = 59,13\% \text{ și } \sigma_A = \pm 8,18;$$

$$r = 0,6688, \quad \sigma_r = 0,0885 \text{ și } 3\sigma_r = 0,2655;$$

$$\eta_k = 0,7175, \quad \sigma_{\eta_k} = 0,0777 \text{ și } 3\sigma_{\eta_k} = 0,2331.$$

Diferența $\eta_k - r = 0,0487$.

¹ Mai intimă este legătura dintre greutatea specifică a cărbunelui și conținutul cenușei lui (16). (Adnotarea Redacției).

Din cele expuse rezultă că r și η_k sunt obținute destul de precis, iar valoarea mică a diferenței $\eta_k - r$ arată, că legătura liniară dintre greutatea volumetrică (R) și conținutul în cenusă (A) este destul de strânsă, fiind exprimată prin ecuația regresiei R față de A :

$$R = 1,372 + 0,009(A - A_{medlu}). \quad (5.49)$$

La fel se pot caracteriza rapoorturi și legături și pentru alți indici ai zăcământului, numai dacă ei nu depind de coordonate și de succesiunea punctelor, în care s'au determinat acești indici, și au o bază reală în existența lor, rezultată din fondul situației geologice.

Trebuie să se menționeze aici aplicarea folositoare a secantei logaritmice normale a distribuției, la cercetarea unora sau altora dintre indicii zăcămintelor de substanțe minerale utile.

Aceasta este arătat convingător într-o serie de lucrări ale lui N. K. Razumovski (30). Astfel, la cercetarea zăcămintelor aurifere aluvionale el a descoperit că de secanta de distribuire logaritmă normală depind: a) desimea sau numărul granulelor de aur luate dintr'un pârâu și clasate după dimensiuni; b) greutatea fracțiilor; c) valorile probelor luate de pe suprafața auriferă, cu o metodă oarecare uniformă; d) rezervele pe verticală ale zăcământului aurifer, obținute la explorare prin puțuri de explorare.

Conținutul în metal (cupru, plumb, zinc, etc.) din zăcămintele de bază este distribuit, la prima aproximație, tot după secanta logaritmă normală.

Aceasta din urmă după părerea mai multor cercetători, se extinde și la alte procese și fenomene geologice. Secanta logaritmă normală de distribuție se folosește mult și la analiza proceselor de îmbogățire a substanțelor minerale utile.

Distribuția fracțiunilor mărimilor întâlnite, care caracterizează indicele cercetat, urmează secanta logaritmă normală în cazul când logaritmiile mărimilor cercetate sunt distribuiți după ecuația cunoscută a lui Gauss:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(z-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (5.49')$$

în care y exprimă densitatea probabilităților (frecvența) de apariție a logaritmului (z) ale valorii căutate.

La studierea distribuției valorilor și a gradului de apariție al lor, este admisibilă înlocuirea unor valori cu altele, care sunt legate funcțional de primele.

Din cauza acestei înlocuiri, forma funcției va varia și va permite, în caz de necesitate, trecerea dela distribuția asimetrică, întâlnită des în natură, la cea simetrică.

Prin transformarea funcțională arătată se evidențiază o serie de funcțiuni de distribuție, care oglindesc, sub forme diferite, unul și același proces natural. Între ele va fi inclusă și funcția arătată a lui Gauss (5.49). Se menționează următoarele particularități observate, care aparțin secantei logaritmice normale (30):

1. dacă clasele mărimilor unora sau altora dintre indici, care dau o distribuție asimetrică, sunt crescute nemuniform în progresie geometrică, atunci distribuția logaritmulor acestor mărimi va fi subordonată funcției lui Gauss;

2. dacă unii dintre indicii unuia sau altuia dintre obiecte sunt distribuiți pe secanta logaritmică normală, atunci și ceilalți indici ai lui au o distribuție, care urmează aceeași regulă;

3. într'un obiect fizic are loc o suprapunere a tuturor proprietăților lor medii: de exemplu, o granulă de aur cu diametrul mediu este. În același timp, o granulă cu suprafață medie, cu volum mediu și cu greutate medie.

6. UNIFORMIZAREA CURBELOR EMPIRICE

Analiza indicilor liniari se încheie cu tratarea problemei uniformizării (îndreptării) curbelor empirice.

Curbele proprietăților (indicilor) zăcământului, care sunt construite după valori măsurate în punctele situate după o direcție oarecare, se numesc curbe empirice. Ele au, deseori, o conturare foarte complicată, care îngreunează redarea clară a caracteristicii variației indicelui, mai ales când acesta este reprezentat pe plan prin isolinii.

Complexitatea curbelor empirice este determinată prin complexitatea distribuirii și a variației indicelui.

Tabloul devine și mai complicat, din cauza prezenței erorilor, care apar, inevitabil, la determinarea valorilor numerice ale indicelui, în punctele separate.

Dintre toți indicii zăcământului, cel mai variabil este conținutul componentilor în minereu. De aceea, în toate cazurile, când se studiază variația bruscă și complicată a conținutului unuia sau altuia dintre componenți, la așezarea liniară a punctelor de explorare, se execută așa numita netezire liniară (îndreptarea) a curbelor empirice.

Aceasta se aplică, mai ales, la prelucrarea eșantionării de exploatare și a eșantionării pe secțiuni a sondelor, la zăcămintele de mine-reuri.

Adeseori, curbele empirice, care caracterizează conținutul componentului, au variații brusce, sărituri sau așa numite vârfuri.

Dacă pentru un sector anumit, folosind curbele empirice, se dă tabloul general al variațiilor indicelui, sub forma planului de isolinii, prezența vârfurilor la secțiunea aleasă va da, într'o serie de locuri, o acumulare de isolinii, din a căror cauză vor suferi claritatea și decifrarea planului.

Trebuie să se țină seamă de faptul, că curba empirică caracterizează numai aproximativ conținutul, chiar pentru acele puncte, în care conținutul a fost determinat, deoarece erorile determinării indicelui, de exemplu erorile eșantionării și ale analizelor lor chimice, ating o valoare însemnată și se transmit în întregime pe grafic, provocând deformări importante. Astfel, planul isoliniilor de conținut, construit pe baza curbelor empirice, nu asigură imaginea exactă a valorilor indicelui în puncte separate. Această imagine nu prezintă o

condiție obligatorie pentru întocmirea planului. Practic, este important să se cunoască valoarea medie a conținutului în anumite limite. La calculul rezervelor substanței minerale utile se face media conținutului, iar la exploatarea minereului se produce inevitabil amestecul său, deci minereul exploatat se caracterizează tot prin media conținutului componentului.

Prin urmare, pentru a avea grafice cât mai demonstrative, care să exprime caracterul variației indicelui și să micșoreze influența crorilor accidentale la determinarea lui, curbele empirice ale proprietăților (indicelui) trebuie să fie îndreptate sau, cum se mai spune, uniformizate.

Îndreptarea curbelor empirice ale conținutului provoacă o oarecare schimbare în datele analizelor chimice. Planurile construite după curbele îndreptate sau netezite caracterizează, în fiecare punct, valoarea medie a conținutului lui pentru un sector oarecare determinat, și nu conținutul punctului respectiv. Astfel, condițiile practice provoacă necesitatea uniformizării curbelor empirice.

Înainte de a îndrepta curba empirică a conținutului, se rezolvă problema folosirii punctelor de explorare, cu un conținut destul de ridicat al componentului util în minereu. În unele cazuri, în practică, nu se ia în considerație acest conținut, în altele însă, influența probelor (punctelor) cu un conținut destul de ridicat, se împarte la jumătatea intervalului, adică se situează în condiții egale cu probele, care dau conținuturi tipice, pentru sectorul dat, și în al treilea caz se introduce un coeficient oarecare de corecție, care este în funcție de intensitatea apariției probelor de acest gen.

Trebuie să se specifice, că nu există nicio bază pentru excluderea probelor cu un conținut destul de ridicat. Pentru o eșantionare la intervale mici, așa cum se procedează la eșantionarea de exploatare, la apariția destul de intensă a probelor cu un conținut destul de ridicat, excluzându-se probabilitatea sau eroarea în obținerea rezultatelor, ținerea unei evidențe a acestor probe este necesară.

Distanța Δx , pe care trebuie extinsă influența probelor cu un conținut destul de ridicat în interiorul intervalului, se va obține din expresia:

$$\text{Aici} \quad \Delta x = 0,5l \cdot a. \quad (5.50)$$

$$a = \frac{n'}{n''} \quad (5.51)$$

unde n' este frecvența (desimea) apariției probelor cu un conținut foarte ridicat;

n'' — frecvența apariției probelor de clasă la care aparține proba luată, la capătul celălalt al intervalului dat.

Expresia (5.50) se bazează pe faptul, că regularitatea evidențiată a distribuției conținutului, pentru un sector oarecare, se extinde la gradul de influență al valorilor separate ale indicelui. Aceasta se verifică în măsura în care valorile particulare sunt expresii ale situației generale.

Metodele de uniformizare a curbelor se împart în metode analitice și mecanice.

La metodele analitice de uniformizare se face uz de o formulă de îndreptare, sau de altă formulă, care stabilește dependența dintre valoarea indicelui (ordonatei) într'un punct oarecare și poziția sa de pe direcția de explorare. Trebuie să se țină seamă, că dependența funcțională, exprimată de această formulă, este aproximativă. Alegerea formulei de îndreptare determină gradul acestei aproximații și stabilește limitele ei de aplicare.

La metodele mecanice de îndreptare, se calculează valoarea medie a indicelui, pentru fiecare sector evidențiat al curbei empirice de proprietăți, și această valoare medie se raportează la mijlocul acestui sector. Indicii medii, astfel obținuți și reportați, sunt coordonatele curbei îndreptate. Aceste valori se numesc medii de glisare.

Un exemplu de metodă analitică de uniformizare este îndreptarea parabolică. Esența acestei metode constă în aceea, că ordonata curbei îndreptate se calculează cu formula parabolei de diverse ordine (ordinul I sau ordinul II).

Parametrii parabolei de îndreptare se calculează după metoda micilor pătrate și se bazează pe condiția:

$$\sum (y' - y)^2 = \text{minim}, \quad (5.52)$$

unde y' este ordonata curbei de îndreptare și
 y — ordonata curbei empirice.

Pentru parabola de ordinul doi, valorile lui y' se calculează cu formula:

$$y' = a_0 + a_1 x + a_2 x^2. \quad (5.53)$$

Aici, parametrii $a_0, a_1, a_2 \dots$ se determină din rezolvarea următoarelor ecuații normale:

$$\left. \begin{aligned} \sum a_0 + a_1 \sum x + a_2 \sum x^2 &= \sum y, \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 + a_2 \sum x^3 &= \sum xy, \\ a_0 \sum x^2 + a_1 \sum x^3 + a_2 \sum x^4 &= \sum x^2 y. \end{aligned} \right\} \quad (5.54)$$

Se dă ca exemplu de calcul al parametrilor parabolei de ordinul doi și al ordonatelor y ale curbei uniformizate, prelucrarea conținutului bioxidului de siliciu în minereu de fier, după date de eșantionare a unui abataj cameră dela mina din Crivoi Rog.

În tabela 18, coloanele 1, 2 și 6 arată datele de plecare, iar în celelalte, rezultatul calculelor. Abscisa probei inițiale este luată egală cu zero. La o lungime mare a direcției eșantionării, pentru ca să nu se lucreze cu cifre mari, ca abscisă zero trebuie luată abscisa probei medii. Pentru calculul ordinilor de gradul doi, trei și patru ale abscisei, se folosesc tabele speciale.

Tabela 18

Calculul ordonatelor curbei uniformizate

Nr probelor	x	x ²	x ³	x ⁴	y	xy	x ² y	y'
1	2	3	4	5	6	7	8	9
116	0	0	0		6,40	0	0	7,60
117	2,5	6,25	16	39,1	8,28	20,7	52	7,33
118	6,5	42,25	275	1 785	8,40	54,6	355	7,90
119	11,5	132,25	1 521	17 490	11,46	131,8	1 516	11,19
120	17,0	289,00	4 913	83 521	12,40	210,8	3 584	14,87
121	20,5	420,25	9 938	213 675	20,72	445,5	9 578	20,38
122	26,0	676,0	17 576	456 976	28,00	724,0	18 928	27,39
Σ = 7	85,0	1 608	34 239	773 838	95,66	1 591,4	34 013	95,66

Se scriu ecuațiile normale:

$$7 a_0 + 85 a_1 + 1 608 a_2 - 95,66 = 0;$$

$$85 a_0 + 1 608 a_1 + 34 240 a_2 - 1 591 = 0;$$

$$1 608 a_0 + 34 240 a_1 + 773 800 a_2 - 34 010 = 0.$$

Rezolvându-le, se obțin valorile căutate ale parametrilor parabolei și anume $a_0 = 7,60$, $a_1 = -0,201$, $a_2 = 0,0370$, după care ecuația parabolei de uniformizare de ordinul al doilea, pentru exemplul dat, va avea forma:

$$y' = 7,60 - 0,201 x + 0,0370 x^2.$$

Valorile calculate cu această formulă sunt înscrise în coloana 9, a tabelului de mai sus.

După cum rezultă din cele expuse, lucrările de calcul, la aplicarea corectării parabolice, sunt numeroase, iar curbele empirice nu au, totdeauna, forma parabolică de gradul al doilea.

Astfel, într-o serie de cazuri, trebuie să se folosească ecuația parabolice de ordin superior, iar uniformizarea după parabola de ordinul al treilea cere de 1,5 și 2 ori mai mult timp, decât uniformizarea după parabola de gradul al doilea. Deaceia, complexitatea calculului este numeroasă prezintă, deseori, un obstacol la aplicarea metodei îndreptării parabolice.

Aplicarea analizei armonice la uniformizarea curbelor empirice se îngreunează, însă, prin faptul că, cele din urmă, au rareori o periodicitate bine exprimată. Este evident deci avantajul metodelor mecanice, pentru uniformizarea curbelor empirice.

Cea mai simplă metodă mecanică de uniformizare este înlocuirea ordonatelor curbei empirice prin media glisantă. Dacă, însă, valoarea ordonatelor corectate se găsește grafic, cu ajutorul paletei reprezentate în fig. 220, atunci aceasta

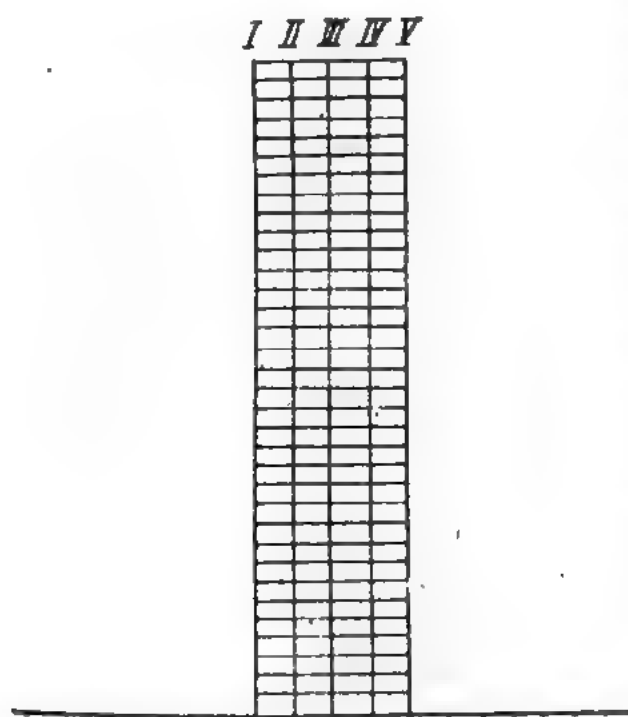


Fig. 220

se numește metoda „ferestrei glisante“, care este cea mai răspândită. Gradul uniformizării depinde de mărimea „ferestrei“ (distanța dintre ordonatele extreme ale paletei) și a pasului deplasării paletei la îndreptare (distanța dintre ordonatele vecine ale paletei). Mărimea „ferestrei glisante“, se alege în funcție de caracterul curbelor de netezit. Deseori, se folosesc palete cu cinci ordonate (fig. 220), cu mărimea ferestrei de 2 cm și cu pasul de deplasare de 0,5 cm.

Pentru ușurință, paletele sunt trasate cu tuș, pe hârtie cerată sau de calc. La aplicarea paletei pe curba empirică, se găsesc segmente de curbă între

ordonatele paletei, iar limitele orizontale echidistante ale paletei, așezate la distanța de 2 mm, ușurează determinarea ordonatelor curbei empirice.

Se va vedea în ce constă uniformizarea curbelor empirice cu ajutorul metodei „ferestrei glisante“.

Fie în fig. 221 curba empirică reprezentată printr-o linie frântă $abcd \dots$, care trebuie corectată. Fie l mărimea ferestrei alese. La baza (m) a curbei, din punctul inițial (a), seiau segmente, egale cu $0,25l$, adică distanțele dintre ordonatele vecine ale paletelor. Paleta $NMKL$ (aici NM și KL sunt ordonatele extreme ale paletelor) se aplică pe graficul curbei empirice astfel, încât baza ei (MK) să coincidă

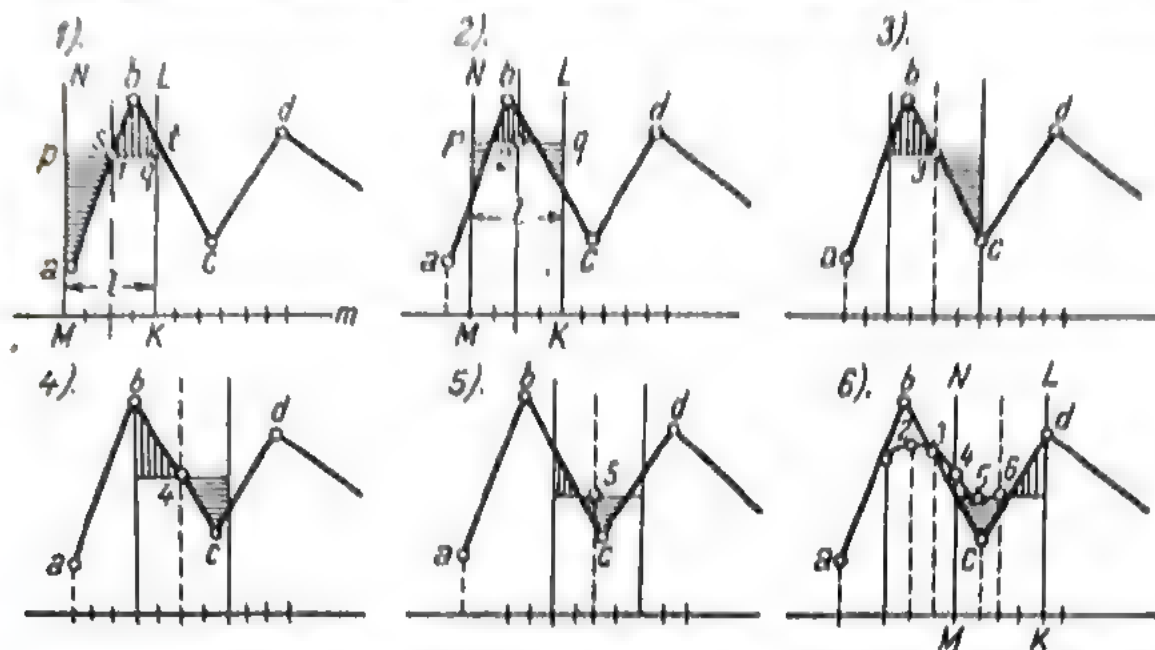


Fig. 221

cu axa m , iar ordonata NM să treacă prin punctul inițial (a) al curbei. Aceasta este prima poziție a paletelor. Pentru această poziție, se calculează valoarea medie pentru cinci ordonate ale curbei empirice, secționate cu ordonatele paletelor, și aceste valori se aşează la mijlocul ferestrei. Valoarea ordonatei medii, care este ordonata curbei uniformizate, se fixează pe fig. 221, în punctul 1. Dreapta pq , care trece prin punctul 1 și care este paralelă cu axa m , trebuie să taie, în limitele paletelor (ferestrei), dreptunghiul $MpqK$ după suprafața sa egală cu cea a poligonului $MabtK$ sau, ceea ce este identic, suprafețele hașurate cu linii orizontale și verticale trebuie să fie egale una cu alta. Deplasând succesiv paleta spre dreapta, cu $0,25l$ (pozițiile 2, 3, 4, 5, 6 fig. 221), se obțin în același fel, după ordonatele curbei empirice, valorile corespunzătoare ale ordonatelor curbei uniformizate, fixate în fig. 221 prin punctele 2, 3, 4, 5, 6.

Unind punctele raportate cu o linie curbă, se obține, în intervalul dat, curba uniformizată (este arătată prin linie îngroșată). Suprafețele empirice date de curba empirică și de curba uniformizată trebuie să fie egale, ceea ce stă la baza metodei de uniformizare.

După cum rezultă din figura arătată, rămân neuniformizate porțiunile extreme ale curbei empirice, a căror lungime este egală, după axa curbei, cu jumătatea ferestrei.

Rezultatul obținut dela prima uniformizare poate fi îmbunătățit la a doua netezire.

Pe fig. 222, curba empirică este trasată cu o linie punctată subțire, după datele de eșantionare la exploatarea unui zăcământ aurifer.

Cu linia îngroșată este reprezentată curba uniformizată, construită prin metoda arătată mai sus.

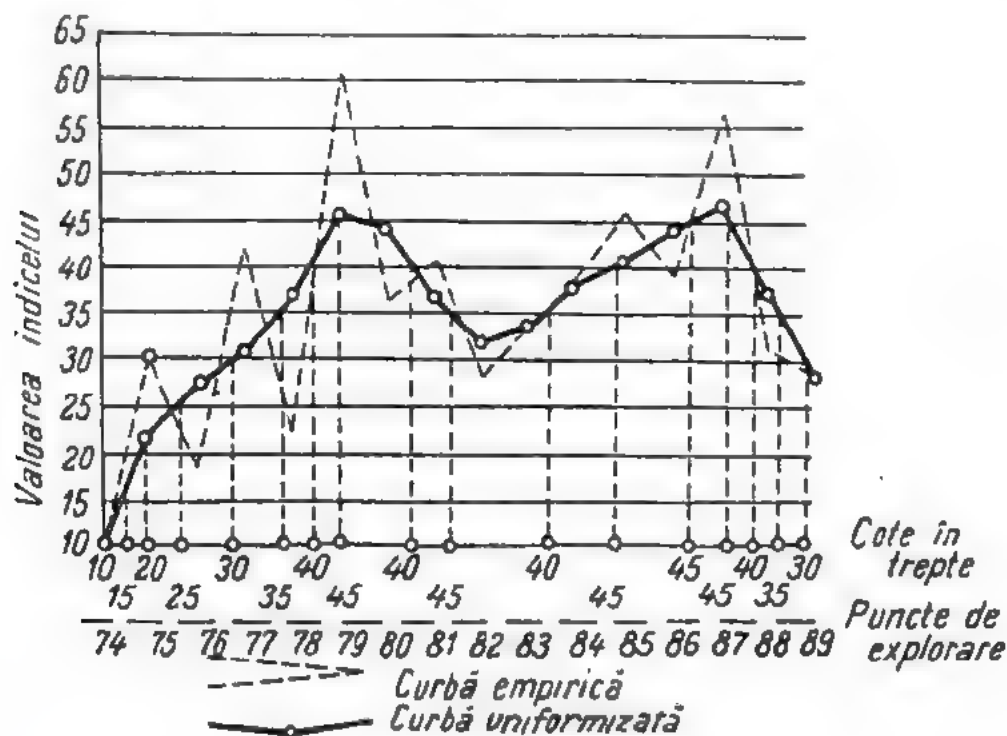


Fig. 222

Aici însă, pentru valoarea aleasă a secțiunii isoliniilor de conținut (cinci unități de conținut), pe linia eșantionării sunt proiectate punctele curbei netezite, cu valorile multiple ale secțiunii alese, punctele cu cotele în trepte, pentru a fi folosite în viitor și anume la întocmirea planului de calitate.

Pentru orice metodă de uniformizare trebuie îndeplinite două condiții fundamentale:

a) deviația minimă a ordonatelor curbei uniformizate față de ordonatele curbei empirice și

b) asigurarea continuității curbei uniformizate.

Afară de aceasta, uniformizarea trebuie să asigure:

1. independența curbei de influență a erorilor, la determinarea indicelui;

2. claritatea planului isoliniilor și

3. păstrarea caracterului de variație a indicelui.

Nu este greu de văzut că condițiile fundamentale, indicate la uniformizarea curbelor, se contrazic reciproc. În adevăr, cu cât curba

va fi mai armonică, cu atât deviația ordonatelor curbei netezite va fi mai mare, față de ordonatele curbei empirice.

Calitatea unei uniformizări nu constă deloc în deviația mică a ordonatelor curbei netezite, întrucât, în acest caz, corectarea ideală ar fi o lipsă totală a deviației. De asemenea, nu trebuie să se uite, că erorile de eșantionare sunt inerente și, totuși, luarea probelor este singurul criteriu pentru aprecierea calității minereului. Deaceia, uniformizarea curbilor empirice ale conținutului trebuie făcută astfel, încât la uniformizarea curbilor să se păstreze caracterul de variație al conținutului. Rezultă că, uniformizarea trebuie să se facă în limite rezonabile, ținând seamă de caracterul distribuției componentilor în zăcămintul de minereu și de precizia datelor de eșantionare. Trebuie deci să se stabilească un criteriu just pentru ca să nu se ajungă la concluzii false și să se ascundă tabloul real de variație al indicelui cercetat. Dificultatea constă în absența unor norme evidente pentru soluționarea precisă a acestor probleme. Singura recomandare care se poate propune în această privință este ca abaterea medie Δy_{medlu} a ordonatelor curbei uniformizate față de ordonatele curbei empirice să nu depășească limita de deviație a ordonatelor curbei empirice, față de ordonatele curbei reale (19). Deviația medie a ordonatelor Δy_{medlu} a curbei uniformizate față de ordonatele curbei empirice, se poate calcula cu formula:

$$\Delta y_{medlu} = \frac{S}{L}, \quad (5.55)$$

în care S este suprafața cuprinsă între curba empirică și cea uniformizată (luând în considerație scara valorii indicelui);
 L — lungimea intervalului dintre limitele în care este dată curba proprietăților.

Plecând dela cele expuse mai sus, se poate accepta următoarea expresie, drept condiție a unei neteziri satisfăcătoare:

$$\Delta y_{medlu} \triangleq M(K)_{limită} \cdot K_{medlu}. \quad (5.56)$$

unde $M(K)_{limită}$ este eroarea limită de analogie (deviația limită relativă a sumei valorilor indicelui măsurat, față de valoarea lui reală);

K_{medlu} — valoarea medie a indicelui, a cărei curbă uniformizată se construiește (se determină după datele de eșantionare);

Mărimea $M(K)_{limită}$ se ia din tabela din fig. 219, în funcție de gradul de cercetare (R) al indicelui dat.

§ 3. INDICI DE CONTUR SAU DE VOLUM

În multe cazuri, indicele nu trebuie caracterizat numai după o direcție, ci și după o suprafață înțregă și limitată de un contur oarecare, sau în limitele întregului zăcămant, pe baza indicilor liniari, care au fost luați uniform pe cuprinsul întregii suprafețe. De exemplu, fie un zăcămant de minereuri, explorat cu sonde verticale, situate după o rețea pătrată, având latura pătratului egală cu l .

În fiecare sondă este cunoscută grosimea verticală a zăcămantului m . Prin analogie cu formula (5.7), volumul zăcămantului explorat se va exprima prin formula:

$$V = l^2 \sum m \quad (5.57)$$

în care $\sum m$ este suma tuturor grosimilor măsurate în sondă, în limita conturului zero.

Pentru orice alt indice λ , sub forma de rezervă a minereului Q sau a metalului R , se va avea o formulă analogă:

$$\Lambda = l^2 \sum \lambda, \quad (5.58)$$

care dă valoarea indicelui de volum, sau care caracterizează suprafața topografică, închisă în limitele conturului zero.

Calcularea indicelui de volum cu formula (5.58) se numește metoda cifrelor comune (după D. A. Kazacovski) și metoda sumei calculelor (după N. G. Kell).

Indicele poate fi imaginat ca suma volumelor elementare prismatice, având ca bază un pătrat cu latura l și cu o înălțime variabilă λ .

Aici, bazele superioare ale prismelor formează o suprafață în trepte, care poate fi înlocuită cu o suprafață topografică continuă, sau de suprafața poliedrului, care mărginește același volum, ca și suprafața în trepte.

Mărimea Λ sau eroarea ei de analogie la calculul lui Λ cu formula (5.58) depinde de poziția rețelei de explorare, pentru unele și aceleași dimensiuni ale suprafeței elementare (a celulei).

Forma sau genul celulei poate fi diferită de cea pătrată cu latura l . În acest caz, în formula (5.58) l^2 va fi înlocuit cu valoarea f , care exprimă suprafața celulei de o formă sau alta.

Este potrivit să se ia celula de formă dreptunghiulară, atunci când variația indicelui după două direcții perpendiculare este diferită, de exemplu după direcție și după înclinarea zăcămantului. La amplasarea punctelor de explorare, după tabla de șah, celulele se vor prezenta sub forma unui paralelogram sau a altor figuri egale ale „raionului celui mai apropiat”. Poziția punctelor de explorare în vârfurile unor triunghiuri echilaterale creează figurile care tind către puncte separate sub formă de hexagoane regulate.

Pentru clarificarea dependenței sumei celulare $\sum \lambda$, față de poziția rețelei de explorare, este suficient să se deplaseze rețeaua succesiv pe două direcții perpendiculare de explorare, în limitele laturii l , pentru cazul rețelei pătrate. Cu aceasta se epuizează toate pozițiile posibile ale rețelei de explorare.

Se construiește pe o celulă prisma cu volum w , exprimat de ecuația

$$w = \int_0^l \int_0^l \sum \lambda dx dy. \quad (5.59)$$

Această prismă este mărginită în partea de sus de suprafața topografică. Aceasta din urmă exprimă diferite valori pentru $\sum \lambda$, în funcție de deplasarea întregii rețele de explorare, în limitele unei celule.

Suma celulară potrivită $\sum \lambda_u$ poate fi exprimată, ca fiind câtul împărțirii lui Δ_{real} la l^2 :

$$\sum \lambda_u = \frac{\Delta_{real}}{l^2} = \frac{w}{l^2}. \quad (5.60)$$

Să se intersecteze această prismă cu un plan paralel cu baza prisme și dus la distanța $\sum \lambda_u$ de bază. Suprafața topografică ce limitează prisma în partea de sus va fi intersectată de planul arătat, după o linie curbă oarecare, ale cărei puncte vor avea toate $\sum \lambda = \sum \lambda_u$. Această împrejurare arată că există nu una, ci mui multe poziții ale rețelei de explorare, în care suma celulară a indicilor liniari este egală cu $\sum \lambda_u$. Indicele de volum Λ , calculat cu formula (5.58), se prezintă astfel cu valoarea sa reală. Rezultă că formula (5.58) este o formulă destul de sigură, cu condiția ca $\sum \lambda_u$ să nu depășească limitele $\sum \lambda_{max}$ și $\sum \lambda_{min}$ și să intersecteze suprafața topografică, care mărginește, în partea superioară, prisma de volum w . Cele arătate se referă la caracteristica generală a indicilor volumetrici, în limitele conturului zero. După cum rezultă din cele expuse, principiile generale sunt asemănătoare cu cele arătate în § 2 din acest capitol.

1. INDICELE IN LIMITELE CONTURULUI INTERIOR

Contur interior sau explorat al zăcămintului se numește conturul, care unește proiecțiile punctelor extreme (sondelor). El este complet determinat, spre deosebire de conturul zero sau conturul exterior, care nici nu se pune în evidență, în metoda cifrelor comune (sume celulare).

În alte metode, conturul zero (limita zăcământului), se obține fie prin interpolarea la mijlocul intervalului, fie prin extrapolare, spre efilare.

Dacă se împarte zăcământul în limitele conturului zero în două părți, după direcția punctelor de explorare, indicele de volum al fiecărei părți va fi reprezentat sub forma:

$$\begin{aligned} \Lambda_I &= l^2 (\sum \lambda_I + 0,5 \sum \lambda_k), \\ \Lambda_{II} &= l^2 (\sum \lambda_{II} + 0,5 \sum \lambda_k), \end{aligned} \quad (5.61)$$

pentru ca, în sumă, să se obțină Λ , care să corespundă formulei (5.58).

În formulele (5.61) Λ_I , Λ_{II} sunt indicii volumetrici ai celor două părți ale zăcământului; $\sum \lambda_I$, $\sum \lambda_{II}$ sunt sumele indicilor liniari pentru părțile corespunzătoare ale zăcământului, fără indicii care aparțin punctelor liniei de diviziune și care dau în sumă $\sum \lambda_k$.

Desigur că, dacă la determinarea indicelui volumetric al unei părți a zăcământului sau a alteia, dela început se includ indicii liniari, după toate sondele miniere, pentru această parte a zăcământului, expresia (5.61) se va scrie, de exemplu, pentru Λ_I sub forma:

$$\Lambda_I = l^2 (\sum \lambda'_I - 0,5 \sum \lambda_k), \quad (5.62)$$

Aici, $\sum \lambda'_I$ este suma indicilor liniari, după toate sondele miniere, pentru partea dată a zăcământului, iar $\sum \lambda_k$, ca și înainte, este suma indicilor liniari după sondele miniere pe linia de diviziune.

La determinarea indicelui liniar, în limitele conturului interior, partea care aparține zonei dintre contururi, care se găsește între limita zăcământului și conturul interior, se elimină. Partea eliminată va lua partea cea mai mică din suma $\sum \lambda_k$ a indicilor după punctele extreme, deoarece zăcământul se efilează. Prin urmare indicele de volum Λ' , în limitele conturului interior, se va exprima sub forma:

$$\Lambda' = l^2 (\sum \lambda - c \sum \lambda_k), \quad (5.63)$$

unde coeficientul $c < 0,5$ se găsește experimental și în multe cazuri se ia egal cu 0,2—0,3.

$\sum \lambda$ este suma indicilor liniari, după toate punctele din zăcământ, în limitele conturului interior.

La o altă formă a celulei, desigur că factorul l^2 din formula (5.63) este înlocuit cu factorul f , care exprimă suprafața corespunzătoare „suprafeței apropiate” (celulei).

Indicele volumetric Λ' se poate exprima în limitele conturului interior, ca fiind produsul factorilor λ_{mediu} cu suprafața F' a conturului interior, plecând dela:

$$\Lambda' = l^2 \sum \lambda - \Lambda'' \quad (5.64)$$

Aici, Λ'' este indicele volumetric, în limitele zonei dintre contururi. În același timp:

$$\Lambda' = \lambda_{medlu} \cdot F' \quad (5.65)$$

de unde

$$\lambda_{medlu} = \frac{l^2 \sum \lambda - \Lambda''}{F'} \quad (5.66)$$

luând aproximativ

$$\Lambda'' = \frac{1}{4} l^2 \sum \lambda_k$$

și

$$F' = n l^2 - \frac{1}{2} n_k \cdot l^2,$$

vom avea

$$\lambda_{medlu} = \frac{2 \sum \lambda - 0,5 \sum \lambda_k}{2n - n_k}, \quad (5.67)$$

unde n este numărul tuturor sondelor (punctelor) și
 n_k — numărul punctelor miniere extreme.

Introducând (5.67) în (5.65) se obține expresia pentru Λ' :

$$\Lambda' = \frac{2 \sum \lambda - 0,5 \sum \lambda_k}{2n - n_k} \cdot F' \quad (5.68)$$

2. EROAREA METODEI CIFRELOR COMUNE (SUMEI CELULARE)

Eroarea relativă de analogie, care se comite la determinarea indicelui volumetric λ , se exprimă la fel cu eroarea de analogie pentru indicele liniar de analogie λ cu formula (5.15), și anume:

$$M(\Lambda)_r = \frac{\sum \lambda}{\sum \lambda_u} - 1. \quad (5.69)$$

În care $M(\Lambda)_r$ este eroarea reală. Ea depinde de variația indicelui, de poziția (coordonatelor) punctului inițial din rețeaua de explorare și, după cum s'a arătat mai sus, poate avea valori diferite, rămânând tot timpul între limitele zero și $M(\Lambda)_{limită}$. Pentru cea din urmă, prin analogie cu formula (5.15), se va scrie expresia:

$$M(\Lambda)_{limită} = \frac{\sum \lambda_{max}}{\sum \lambda_u} - 1 = 1 - \frac{\sum \lambda_{min}}{\sum \lambda_u}. \quad (5.70)$$

Odată cu micșorarea celulei, eroarea de analogie relativă limită, în determinarea indicelui volumetric, se apropie asimptotic de zero.

După cum rezultă din cele expuse, indicele volumetric se caracterizează din punct de vedere geometric, printr-o suprafață topografică ascunsă. Imaginea celei din urmă se capătă din studierea secțiunilor de profil ale acestei suprafețe, pe direcțiile caracteristice.

Secțiunile indicate reprezintă linii curbe, care la rândul lor, sunt expresiile caracteristicii indicilor liniari, despre care s'a discutat mai sus. Astfel, variația relativă a suprafeței sau a indicelui volumetric trebuie să se obțină ca o valoare medie din μ după secțiuni diferite, mai ales după direcțiile de explorare. Concluziile obținute mai sus, relativ la M , R și $M(\Delta)_{limită}$ pentru indicii liniari, rămân valabile și pentru indicii volumetrici, cu înlocuirea lui s prin λ , și a celui din urmă prin Δ . La aceasta, tabela lui D. A. Kazacovski, din fig. 282, menține valoarea sa în întregime.

Folosirea metodei cifrelor comune (suma celulară) și a proprietăților erorii sale de limită permite să se stabilească experimental limitele lui $M(\Delta)_r$ pentru diferite condiții și, prin aceasta, să se caracterizeze exactitatea metodei date.

Afară de aceasta, D. A. Kazacovski (19) consideră rațională acceptarea metodei cifrei comune, ca etalon al preciziei pentru alte metode de calcul al indicelui volumetric. Aprecierea preciziei unei metode sau a alteia se bazează pe devierea rezultatelor calculului indicelui volumetric, executate după cele din urmă, față de rezultatul calculului după metoda sumei celulare.

După alte metode de determinare a indicilor de contur și de volum, pe lângă erorile de analogie, se adaugă și erorile de conturare, dacă nu se iau în considerație erorile tehnice. Separarea primelor de cele din urmă este necesară, deoarece ele depind de precizia obținerii datelor înseși și diferă principal de primele.

Erorile de conturare apar din cauza necesității construirii conturului zero care, la metoda cifrelor comune, nu este necesară.

Folosirea altor metode pentru a obține separat eroarea de analogie și eroarea de conturare este imposibilă, deoarece ele apar numai împreună:

Comparând rezultatele obținute prin alte metode cunoscute, cu rezultatul obținut prin metoda sumei celulare, apare caracteristică eroarea comună, care se compune din erorile analogiei și de conturare, în legătură cu care D. A. Kazacovski propune introducerea noțiunii despre eroarea de analogie posibilă de limită și de conturare, considerând această eroare ca suma aritmetică a valorilor absolute ale erorii de limită ale metodei cifrelor comune, în condițiile date și ale diferenței rezultatelor, calculate după această metodă și după alte metode date.

§ 4. REPREZENTAREA SUPRAFEȚEI TOPOGRAFICE ASCUNSE

Se revine la reprezentarea suprafeței topografice ascunse, în legătură cu necesitatea expunerii unor probleme neprecizate anterior.

Din punct de vedere grafic, suprafața topografică ascunsă, care caracterizează indicele volumetric, se poate reprezenta printr'un sistem de profile, sau printr'un sistem de linii cu aceeași valoare a indicelui, adică printr'un sistem de isolinii.

Indicele se poate caracteriza, într'o măsură oarecare, și prin metoda intervalelor sau prin metoda sumei celulelor și aceasta se poate numai, dacă există o rețea de explorare regulată.

Deaceia, reprezentarea suprafeței topografice ascunse prin metoda isoliniilor este metoda de bază pentru caracterizarea generală a oricărui indice al zăcămintului și, deseori, unica metodă posibilă, de

exemplu la un număr mare și la amplasarea neregulată a punctelor de explorare, la comparația între ele a mai multor suprafețe topografice ascunse și a altor elemente ale explorației, sau chiar ale proceselor auxiliare.

Se folosesc diferite metode de construire a isoliniilor suprafeței topografice ascunse.

La o amplasare neregulată a punctelor de explorare (de ridicare) și la o variație simplă a indicelui, planul isoliniilor se trasează prin metoda, la care punctele cu cote în trepte se obțin prin gradarea fiecărui interval, dintre punctele vecine. Este important să se scoată în evidență și să se stabilească just liniile de pantă, după care se poate aplica interpolarea liniară.

În cazul variației complexe a indicelui, înlăturarea influenței erorilor la determinarea indicelui și a detaliilor neesențiale se obține prin uniformizarea suprafeței datelor de plecare. Aceasta se reduce la împărțirea suprafeței conturului cu ajutorul paletei, în sectoare egale, pentru a obține cu ele, valorile indicelui adus la medie și care se raportează în centrele sectoarelor evidențiate (ferestre). Gradul de uniformizare, ca și la cea liniară, depinde de mărimea ferestrei. Afară de aceasta, valorile indicelui, aduse la valorile medii, se amplasează după o rețea regulată, care permite aplicarea metodei profilelor de isolinii.

În cazul amplasării liniare a punctelor de explorare (de ridicare), planul isoliniilor se trasează, deseori, cu ajutorul metodei profilelor, pentru care se face, în prealabil, profilul suprafeței reprezentate după fiecare linie, pentru a obține, după aceste linii, puncte de cote în trepte. Când este necesar, curbele empirice (profilele) se uniformizează. În fig. 222 este reprezentat modul de obținere a punctelor de acest fel, ale curbei uniformizate.

După obținerea numărului total de puncte, se trasează pe desen isoliniile. După cum rezultă din capitolul I, construirea planurilor structurale hipsometrice, pentru zăcămintele stratiforme se bazează

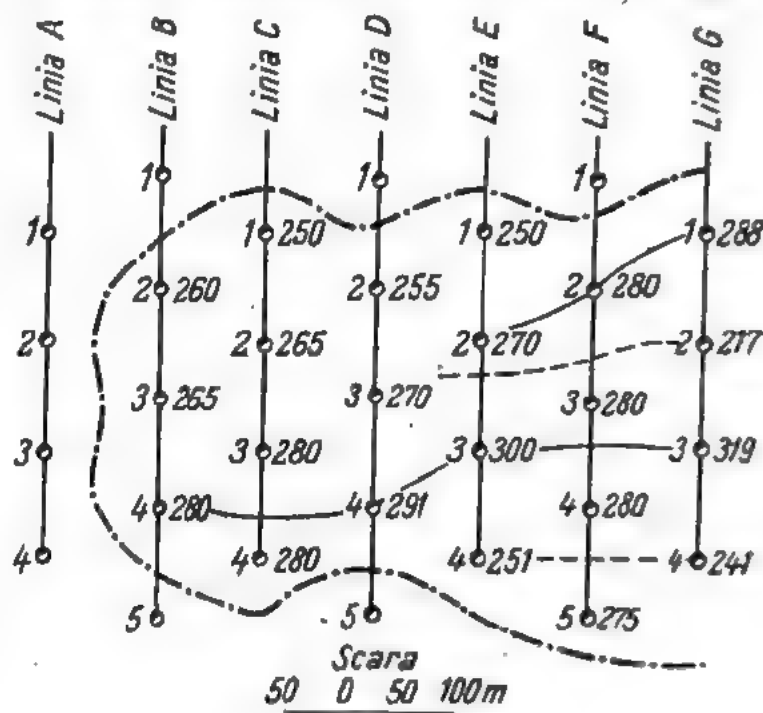


Fig. 222

pe largă folosire a metodei normalelor, la care se folosesc în întregime invariabilitatea secțiunii normale, harta aflorimentelor și harta geologică. Pentru aceasta se construiește întâi planul hipsometric al unui orizont (sau strat) mai stabil și mai bine studiat, cu ajutorul cărui, și folosind stabilitatea grosimilor normale, se construiește planul hipsometric al stratului căutat.

În cazul variației însemnate a grosimilor normale ale stratului, însă cu variația lentă a grosimii verticale, construcția planului hipsometric a unui strat sau a altuia se face cu ajutorul hărților de asemănare și pentru aceasta, se trasează întâi, cu ajutorul unei metode oarecare, planul hipsometric al orizontului stratigrafic mai stabil și mai bine studiat (strat) și care este așezat mai puțin adânc decât stratul căutat. Apoi, după o rețea mai puțin deasă a punctelor de explorare cu adâncimea mai mare și care aparțin stratului căutat, se întocmește graficul (harta) de asemănare, care reprezintă isoadâncimile așezării stratului față de orizontul indicat de bază. Prin scădere din planul hipsometric al ultimului grafic de asemănare, se obține planul hipsometric al stratului căutat.

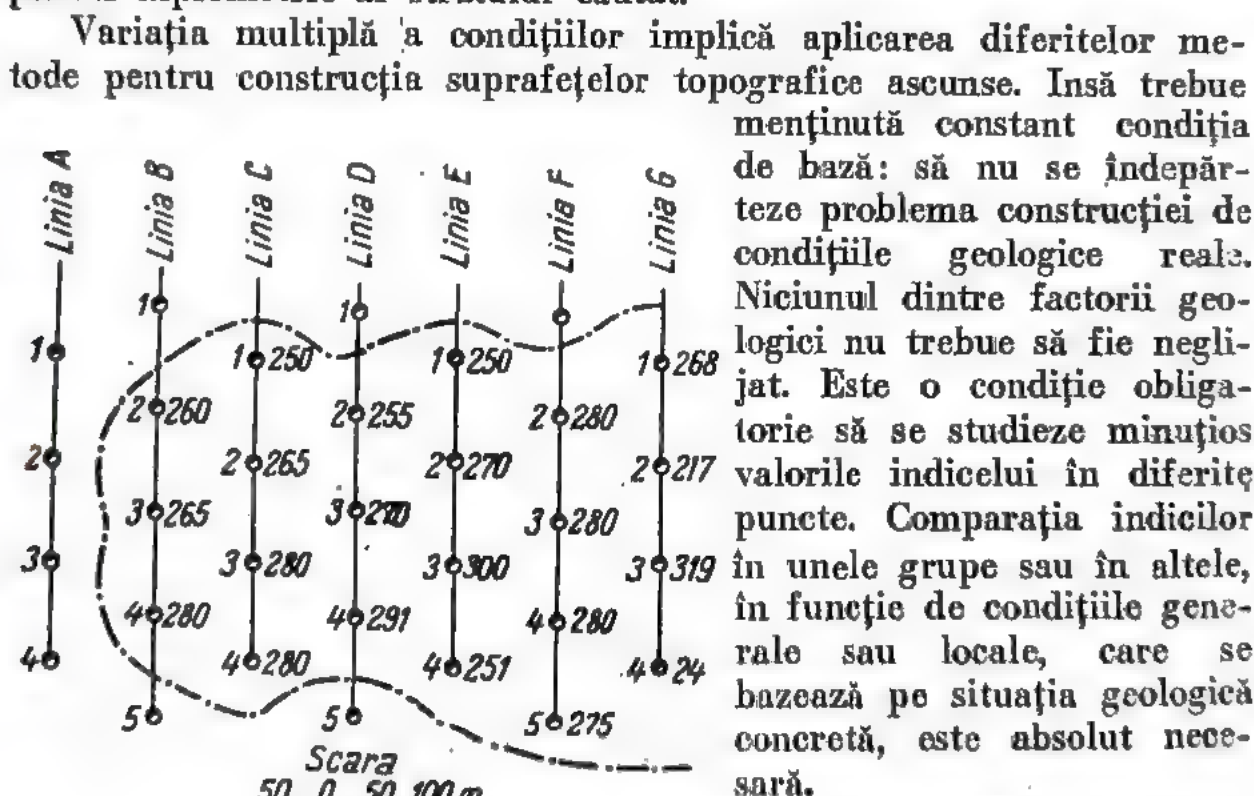


Fig. 224

mentelor structurale, a suprafeței topografice ascunse, a liniilor și punctelor invariante, cum și a pantelor. După elementele de structură indicate se face interpolarea și construirea scheletului isoliniilor (frânțe). Cele din urmă se înlocuiesc prin isoliniile line pe aceleași baze, cu care au fost evidențiate elementele de structură.

Se va ilustra succesiunea amintită a fazelor de lucru la construirea planului de isolinii al suprafeței topografice ascunse, prin exemplul dat de P. A. Răjov (33).

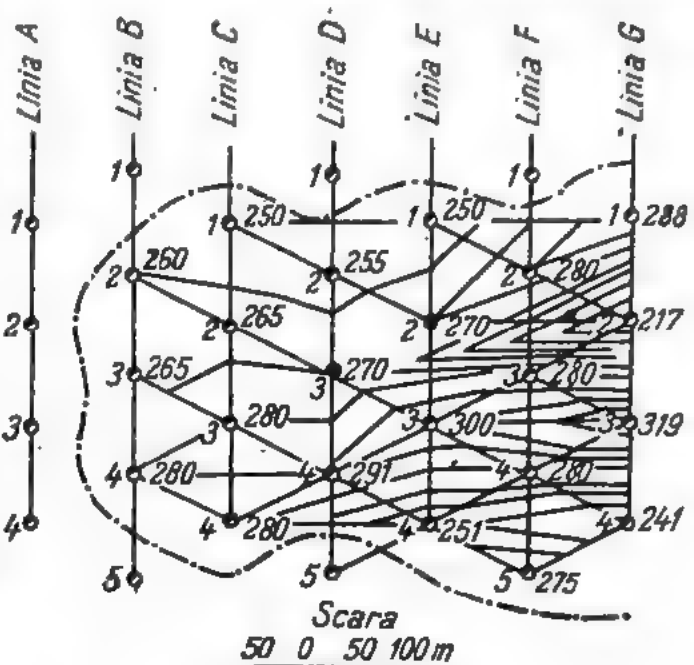
Fig. 223 reprezintă un plan de explorare pentru o parte a zăcămintului. Punctele de explorare sunt situate liniar, în ordinea tablei de șah. Lângă fiecare punct, este arătat numărul de ordine al punctului după linia de explorare, iar la dreapta punctului, valoarea indicelui cercetat. Conturul zăcămintului este evidențiat.

În urma rezultatului studierii condițiilor geologice și a variației indicelui în limitele conturului dat, fig. 224 reprezintă liniile invariabile pozitive (pline) și negative (punctate). S'a însemnat sensul și succesiunea lor.

Mai departe, fig. 225 reprezintă scheletul (linii frânte) isoliniilor. Chiar pentru cazul rețelei regulate de explorare a acestui exemplu apare necesitatea de punere în evidență a elementelor structurale ale suprafeței, prin construirea isoliniilor frânte și curbe.

În fig. 226 este reprezentată imaginea finală a suprafeței topografice ascunse studiate, sub formă de isolinii. Astfel se întocmește planul isoliniilor. După cum rezultă din cele expuse, această lucrare nu este o simplă execuție tehnică a graficului, ci o operație de răspundere, care cere o bună

pregătire și o experiență suficientă. De construcția bună și reușită a planului isoliniilor a unui sau a altui indice depinde siguranța și justetea concluziilor importante, care se pot trage cu privire la zăcă-



mântul dat. Deseori, graficul întocmit servește ca documentație de bază. Ținând seamă de aceasta, urmează ca folosirea planurilor structurale și de calitate deja întocmite să fie supuse unei critici sănătoase, pentru a evita concluzii greșite.

Trebue să se acorde atenție amplasamentului, numărului și calității (precizia și autenticitatea) punctelor de explorare, pe baza cărora s'a întocmit planul și numai după aceasta să se extragă din ele, datele care pot servi efectiv. Exagerarea aplicării metodei isoliniilor, fără să se țină seamă de baza realității, pe care aceasta se sprijină, poate duce numai la prejudicii serioase. Deseori, din plan se caută să se tragă concluzii foarte detaliate, care nu rezultă deloc din datele directe, obținute din explorarea dată.

La întocmirea planului trebue să se acorde o atenție deosebită rezultatelor uniformizării suprafețelor sau a liniilor, cum și alegerii distanței dintre secțiunile curbelor de nivel (isoliniilor).

Isoliniile, construite pe baza profilelor corectate, trebue să reprezinte suprafața dată cât mai puțin deformată și, în același timp, destul de generalizată. S'a analizat problema privitoare la limita uniformizării liniare. Ea a fost determinată prin expresia (5.56). Drept criteriu de apreciere a rezultatelor uniformizării, admis la reprezentarea suprafeței, servește același principiu, pe care se bazează formula (5.56). Deaceea, limitele uniformizării se determină printr-o expresie asemănătoare cu cea indicată.

Gradul de uniformizare al suprafeței se determină cu mărimile abaterei medii $\Delta\lambda_{mediu}$ a valorilor indicelui, care sunt obținute din planul isoliniilor al suprafeței, întocmit după valorile acestui indice, și care au fost măsurate pe teren (19). Prin analogie cu formula (5.56), mărimea $\Delta\lambda_{mediu}$ nu poate fi mai mare decât produsul dintre valoarea medie a indicelui și eroarea limită de analogie $\mu(\lambda)_{medlu}$.

Prin urmare

$$\Delta\lambda_{medlu} \leq M(\lambda)_{limită} \cdot \lambda_{medlu}, \quad (5.71)$$

unde λ_{medlu} este valoarea medie a indicelui.

Valoarea $\Delta\lambda_{medlu}$ poate fi obținută din egalitatea

$$\Delta\lambda_{medlu} = \frac{\Delta\lambda}{F}, \quad (5.72)$$

în care: $\Delta\lambda$ este volumul cuprins între suprafața empirică și suprafața uniformizată (suma valorilor absolute în exces și în deficit);
 F — suprafața în limitele căreia s'a construit suprafața uniformizată.

Mărimea $\Delta \lambda$ se determină cu metoda secțiunilor verticale, sau prin scăderea suprafețelor.

Valoarea $M(\lambda)_{limită}$ se ia din tabela fig. 219 sau din alta analogă ei.

La întocmirea graficelor geometrice miniere se pune inevitabil problema scării graficului și a distanței dintre secțiunile curbelor de nivel (isoliniilor). Prima se rezolvă simplu, întrucât scările graficelor sunt în legătură cu scările planurilor topografice miniere.

În ce privește secțiunea isoliniilor pentru suprafețele topografice ascunse ale diferiților indici, este foarte greu să se dea directive precise. Dar și în acest caz, alegerea distanței dintre secțiuni trebuie să satisfacă cerințele generale ale problemei, adică, pentru un număr minim de isolinii, să se poată reprezenta suprafața topografică studiată precis, evident și ușor, pentru rezolvarea problemelor practice. Însă acceptarea acestor condiții generale nu dă rezolvarea practică a problemei.

Alegerea arbitrară a secțiunii devine, deseori, o cauză de îngrădare a isoliniilor pe plan și creează o părere falsă despre precizia și detalierea lui. Aceasta produce o discordanță între suprafața reprezentată și cea reală și poate duce la concluzii greșite și la o apreciere nejustă asupra metodei isoliniilor, ca mijloc de reprezentare.

Deci, plecând de la aceste premize, la baza alegerii distanței dintre secțiunile curbelor de nivel, trebuie să fie pusă condiția concordanței între variația cu studiul indicelui și detalierea reprezentării lui. Secțiunile obținute pe baza acestui principiu vor fi minime și numărul lor va putea fi majorat oricâte ori ușurința construcției, folosirea și destinația graficului vor cere aceasta.

Astfel, rezolvarea problemei se împarte în două părți:

1. determinarea valorii minime a secțiunii de isolinii;
2. stabilirea distanței optime dintre secțiuni.

Alegera valorii minime a secțiunii cu isolinii (pentru planurile de isogrosimi și de isoconținut) se poate supune uneia dintre următoarele condiții:

a) aceasta nu trebuie să fie mai mică decât mărimea maximă a abaterii valorilor reale ale indicelui, de la valorile lui obținute de pe plan;

b) aceasta nu trebuie să fie mai mică decât valoarea maximă posibilă a abaterii medii a valorilor reale ale indicelui, de la valorile lui obținute de pe plan.

Prima condiție este mai puțin acceptabilă decât a doua, deoarece, deviațiile separate maxime pot fi necharacteristice și pot fi nerepresentative. Trebuie să se orienteze după valorile medii ale abaterilor.

Întrucât nu se cunoaște niciodată situația reală a rețelei de explorare față de punctele fundamentale caracteristice ale suprafeței topo-

grafice ascunse, care să reprezinte și abaterile medii reale ale valorilor indicelui față de valorile luate de pe plan, care, la o poziție oarecare a rețelei, depind de coordonatele punctului inițial al acestei rețele, trebuie să se prevadă cazul cel mai nefavorabil, adică posibilitatea abaterii medii maxime. Iar aceasta, după cum rezultă din cele expuse, se exprimă prin produsul valorii medii a indicelui și valorii de limită a erorii de analogie.

Astfel, valoarea minimă a secțiunii curbilor de nivel (isoliniilor) trebuie să satisfacă condiția (19):

$$h = \Delta\lambda = \lambda_{\text{mediu}} \cdot M(\lambda)_{\text{limită}}, \quad (5.73)$$

unde: λ_{mediu} este valoarea medie a indicelui;

$M(\lambda)_{\text{limită}}$ — eroarea limită de analogic, la determinarea indicelui.

Mărimea secțiunii optime a curbilor de nivel se alege în baza unei serii de considerații practice și anume:

- a) scara planului și caracterul variației indicelui;
- b) ușurința folosirii isoliniilor, multiplul unor valori rotunde ale indicelui;
- c) ușurința de proiectare pe plan a lucrărilor miniere pentru elementele uzuale ale sistemului de exploatare;
- d) necesitatea de a delimita sectoarele după grosimea stratului, după sortimentele substanței minerale utile, etc.

În toate cazurile, valoarea secțiunii optime trebuie să fie mai mare, decât valoarea secțiunii minime.

Analiza suprafețelor topografice ascunse, arătată în capitolul de față, dă oarecare baze pentru aprecierea variației și a gradului de cunoaștere a acestor suprafețe.

Afară de aceasta, analiza arătată permite rezolvarea problemei, în ce privește oportunitatea reprezentării suprafeței topografice ascunse (indicele de volum) prin isolinii, și cazul când este suficient să fie caracterizată prin metoda cifrelor comune.

CAPITOLUL VI

PLANURILE CALITATIVE ȘI DE STRUCTURĂ

§ 1. CONSIDERAȚII GENERALE

În lucrările practice ale serviciului geologic din întreprinderile miniere, s'au stabilit condițiile în ce privește complexul și conținutul planurilor calitative și de structură. Rezultatele studiilor geologice și ale explorărilor de detaliu, făcute în scopul evaluării zăcămintelor,

cum și calculul rezervelor și al proiectării întreprinderii miniere sunt reprezentate, de obicei, sub forma unui complex de grafice.

În procesul exploatării zăcământului în partea lui pregătită, necesitatea urmăririi planurilor structurale și calitative este mai puțin acută, deoarece elementele acestor grafice sunt cuprinse, în cea mai mare parte, în hărțile topografice miniere de bază. Detalierea celor din urmă cu date geometrice, până la limita rațională, este una dintre condițiile de bază ale construirii hărților topografice miniere.

Sectoarele zăcământului, unde se proiectează executarea lucrărilor miniere de investiție și a lucrărilor miniere de pregătire, necesită o geometrizare detaliată.

Cea din urmă prezintă rezultatul precizării cunoștințelor existente despre sectoarele indicate, în urma obținerii datelor mai sigure, care s'au obținut la exploatarea sectoarelor vecine.

În raport cu complexitatea zăcământului, cu variația indicilor lui și cu scopul planurilor structurale și a celor calitative, scara planurilor variază în anumite limite, față de scara hărților topografice miniere de bază, până la scara la care sunt întocmite hărțile documentației geologice ale zăcământului. Întocmirea planurilor de structură și de calitate se bazează pe documentarea bine gândită, care rezultă din specificul zăcământului și din documentările de fixare a lucrărilor de explorare și de exploatare, cum și pe prelucrarea adecuată a acestei documentări.

Graficele miniere geometrice (planurile structurale și de calitate) se fac în limitele dezvoltării zăcământului.

De aceea, înainte de a caracteriza formele separate ale lor, se va insista puțin asupra părții geometrice a construcției conturului zăcământului.

§ 2. CONTURAREA ZĂCĂMÂNTULUI

Trasarea limitelor zăcământului se numește conturarea zăcământului. Conturarea este o lucrare de mare importanță, la rezolvarea căreia este necesară o evidență minuțioasă a tuturor particularităților situației geologice, cum și folosirea indicilor obiectivi ai explorării (grosimea zăcământului, conținutul componentelor, elementele de zăcământ).

Pentru aceleași condiții geologice, problema se reduce la conturarea zăcământului, după grosimea sa.

Lucrările miniere de explorare și de exploatare, care au întâlnit zăcământul, se numesc lucrări miniere „cu minereu”, în caz contrar lucrări miniere „fără minereu”. Linia care conturează zăcământul

după lucrările miniere extreme cu minereu se numește curba conturului interior sau, mai pe scurt, *conturul interior*.

Desigur că zăcămintul continuă la o distanță oarecare și peste conturul interior, unde el poate fi afectat de deranjamente tectonice.

Punctele în care zăcămintul se ofilează se numesc *puncte nule* (grosimea este nulă), iar curba care le unește se numește *curba conturului exterior* sau, pe scurt, *conturul exterior* (nul). Suprafața zăcămintului cuprinsă între conturul exterior și conturul interior se numește „*zonă dintre contururi*”.

În fig. 227 sunt reprezentate: conturul interior (linia continuă), conturul exterior (linia punctată) și zona dintre contururi.

În partea stângă a desenului (a) este reprezentată conturarea după datele sondelor de foraj, iar în partea dreaptă a desenului (b) este reprezentată conturarea după complexul șanțurilor de explorare, cum și după lucrări miniere în proiecție pe planul înclinat, cu elementele de zăcămint egală cu valoarea medie a elementelor de zăcămint ale corpului de minereu.

În timp ce construcția conturului interior este, de obicei, ușoară, determinarea conturului exterior prezintă o problemă mai grea, pentru a cărei rezolvare justă este nevoie de analiza multor date ale zăcămintului.

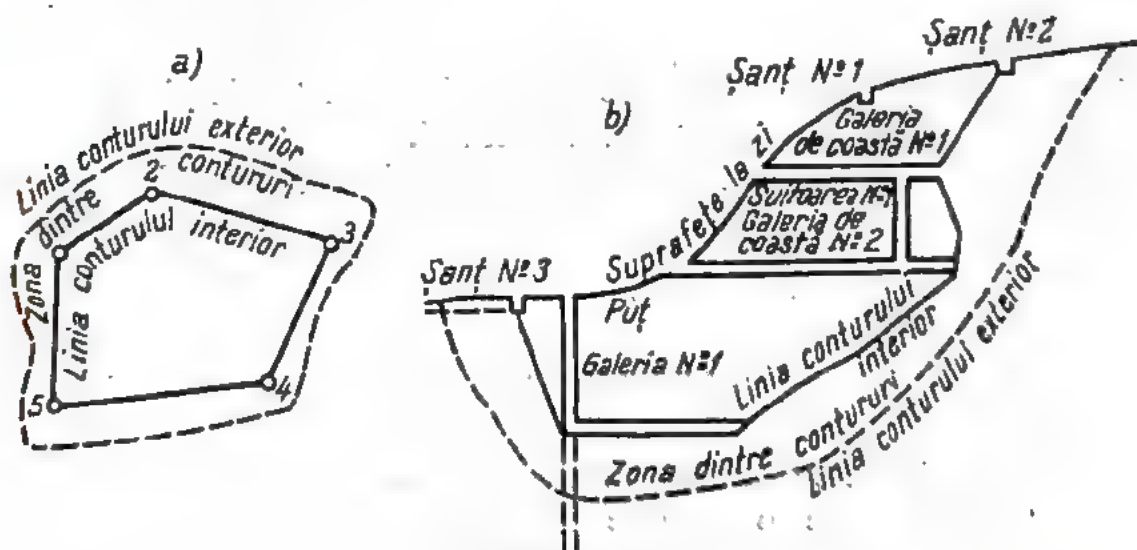


Fig. 227

La construcția conturului exterior al zăcămintului (conturarea sa) din punct de vedere geometric, pot fi întâlnite două cazuri:

Primul caz. Afară de lucrările extreme cu minereu mai există și lucrări fără minereu (care n'au întâlnit zăcămintul), care sunt situate față de primele, la distanțe aproximativ egale cu distanța medie dintre lucrările miniere de explorare, la zăcămintul dat. Desigur

că, în acest caz, conturul exterior al zăcământului va trece printre lucrările miniere cu minereu și cele fără minereu.

Al doilea caz. Există lucrări miniere extreme cu minereu, nu există lucrări miniere fără minereu sau ele sunt situate prea departe față de primele. În acest caz, construirea conturului exterior este mai arbitrară, decât în primul caz.

Corespunzător cu aceste două cazuri există două metode de conturare a zăcământului: prin interpolare și prin extrapolare.

Metoda interpolării se aplică la găsirea punctului din conturul exterior, între două lucrări miniere, cele mai apropiate, dintre care una este cu minereu, iar cealaltă fără minereu.

Dacă există o lucrare minieră cu minereu și alta, cea mai apropiată de ea, fără minereu, și nu există alte date referitoare la spațiul dintre ele, nu rămâne decât presupunerea, că punctul conturului exterior al zăcământului este la mijlocul distanței dintre cele două lucrări miniere date. După o serie de puncte obținute pe această cale, se trasează conturul exterior al zăcământului. Această metodă de construcție a conturului exterior se numește interpolarea la mijlocul distanței dintre lucrările miniere cu minereu și cele fără minereu.

În acest caz, lucrările miniere extreme în zăcământ 1, 2, 3, 4, și 5 (fig. 228) se unesc cu drepte de lucrările miniere cele mai apropiate de ele 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, dreptele duse se împart în jumătate și se găsesc astfel: punctele nule sau punctele de efilare a zăcământului (a, b, c, d, e, f, g, h, i, k, l, m) care, fiind unite prin segmente de dreaptă sau printr-o linie curbă, constituie pe plan linia conturului exterior al zăcământului.

Metoda arătată are însă un dezavantaj esențial în sensul că, independent de grosimea stratului, întâlnită în lucrarea minieră extremă cu minereu, punctul nul se raportează la mijlocul distanței dintre lucrarea minieră cu minereu și cea mai apropiată lucrare minieră fără minereu, ceea ce poate deforma foarte mult unghiul real de efilare a zăcământului.

Pe fig. 229 este reprezentat, prin linia plină, conturul zăcământului în secțiune verticală.

În lucrările miniere extreme cu minereu se întâlnesc diferite grosimi. În lucrarea minieră nr. 1, grosimea m , în lucrarea minieră nr. 2,

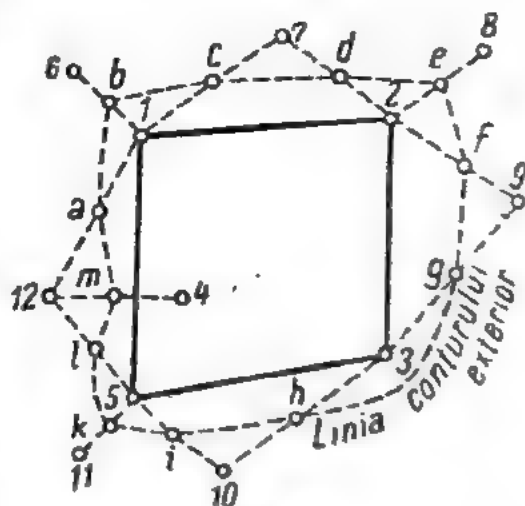


Fig. 228

grosimea m_2 , prima fiind de două ori mai mare decât a doua. Lucrările miniere fără minereu (3 și 4) sunt situate la aceeași distanță r față de lucrările extreme cu minereu (1 și 2).

Prin interpolarea la mijlocul distanței r , punctele nule ale zăcământului vor fi punctele k_2 și k_2' , și unghiurile de efilare corespunzătoare, v_2 și v_2' . Este ușor de văzut că aceste unghiuri nu corespund conturului dat al zăcământului, ci diferă foarte mult de unghiurile reale de efilare v_1 și v_1' . De asemenea nu coincid punctele reale ale conturului exterior k_1 și k_1' cu punctele k_2 și k_2' , obținute prin construcție, după metoda arătată. Rezultă că, la construirea conturului exterior al zăcământului prin metoda interpolării, la jumătatea

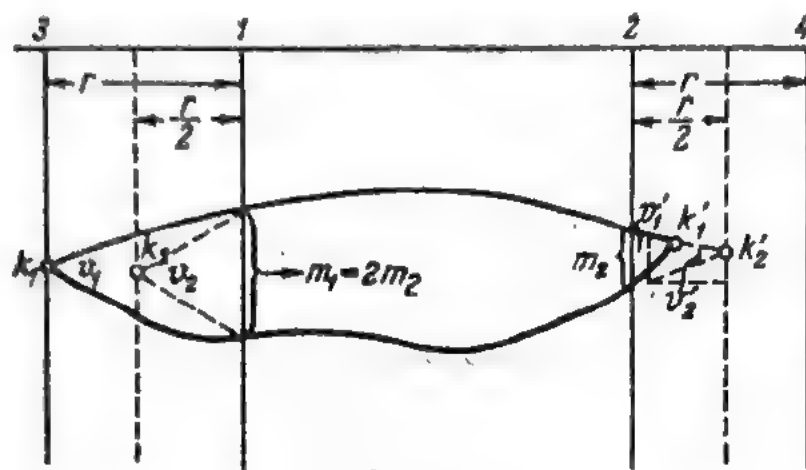


Fig. 229

la jumătatea distanței dintre lucrările miniere apropiate cu și fără minereu, trebuie să se introducă, o corecție în rezultatele precizării, pe baza grosimii zăcământului în lucrarea minieră extremă cu minereu. Pentru aceasta se folosește așa numitul unghi mediu de efilare a zăcământului.

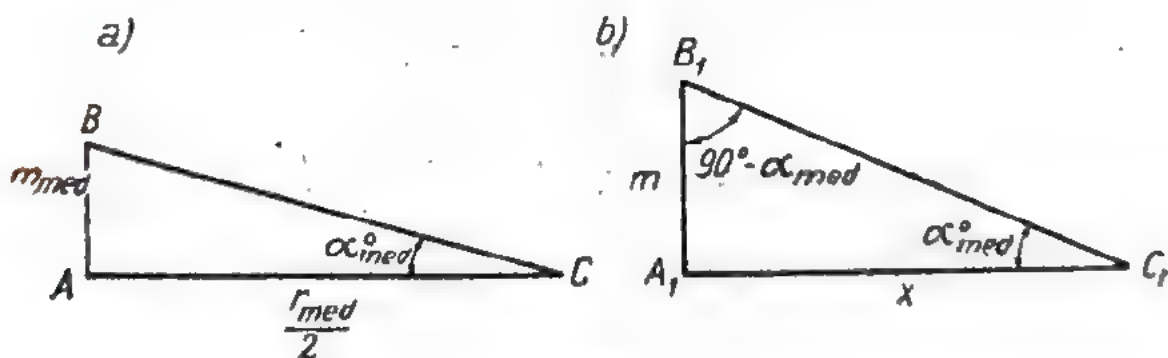


Fig. 230

Tangenta unghiului mediu de efilare a zăcământului (α_{medu}) se determină cu raportul între grosimea medie m_{medu} (fig. 230 a) a zăcământului și jumătatea distanței medii r_{medu} între lucrările miniere.

În acest caz, distanța x , la care se găsește punctul nul C_1 (fig. 230 b) al zăcământului dela lucrarea minieră extremă cu minereu

$B_1 A_1$, de grosimea m , se va determina simplu, din triunghiul dreptunghi $A_1 B_1 C_1$:

$$x = \frac{m}{\operatorname{tg} \alpha_{\text{mediu}}} = m \frac{r_{\text{mediu}}}{2m_{\text{mediu}}} \quad (6.1)$$

unde α_{mediu} este unghiul mediu de efilare a zăcământului, care se determină din expresia:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{mediu}} = \frac{2m_{\text{mediu}}}{r_{\text{mediu}}}, \quad (6.2)$$

unde m este grosimea în lucrarea minieră cu minereu dată,

$m_{\text{mediu}} = \frac{\sum m}{n}$ este grosimea medie a zăcământului și

$r_{\text{mediu}} = \frac{\sum r}{n}$ distanța medie dintre lucrările miniere.

Distanța x se determină ușor grafic. Pentru aceasta, dela lucrarea minieră cu minereu dată, de exemplu A (fig. 230, b), se duce pe desen o dreaptă cu direcția spre cea mai apropiată lucrare minieră fără minereu; din punctul A_1 se ridică perpendiculara $A_1 B_1$ pe această dreaptă, egală cu grosimea m a zăcământului în acest punct; în punctul B_1 se construiește unghiul $(90^\circ - \alpha_{\text{mediu}})$; punctul C_1 va fi, desigur, punctul născut al zăcământului căutat. Punctele C ale conturului exterior se vor construi în mod analog pe perpendicularele duse pe liniile conturului interior sau pe bisectoarele unghiurilor dintre ele, duse din punctele de zăcământ, spre conturul exterior.

Cunșțiile necesare aplicării acestei metode sunt:

a) forma lenticulară a zăcământului și distribuția uniformă a lucrărilor miniere. Afară de aceasta, direcțiile pe care se ia x , nu trebuie să aibă deviații mari dela normele duse la contur, în punctul dat. După cum se vede aici, principiul interpolării la mijlocul distanței dintre lucrările miniere a fost respectat și, în același timp, s'a luat în considerație grosimea zăcământului, în fiecare lucrare minieră.

După o serie de puncte nule astfel obținute, se trasează linia conturului exterior.

Metoda extrapolării se aplică la construirea conturului exterior al zăcământului, în cazul când nu există lucrări miniere fără minereu, sau acestea sunt situate la distanță mare de lucrările miniere extreme cu minereu, care nu permit interpolarea.

La extrapolare, determinarea punctelor nule ale zăcământului se face în diferite moduri, și anume:

a) la jumătatea distanței medii dintre lucrările miniere cu minereu și

b) după unghiul de efilare față de direcția dată.

În primul caz, punctele zăcămintului se scot după conturul exterior la jumătatea distanței medii dintre lucrările miniere cu minereu.

După a doua metodă se procedează astfel:

Fie în fig. 231 două dintre lucrările miniere cu minereu cele mai apropiate A și B , dintre care B se află în conturul interior al zăcămintului, iar punctul A este situat, față de B , spre centrul zăcămintului.

Se cere să se determine punctul C al zăcămintului.

Fie M și m grosimile zăcămintului în punctele A și B . Prin A și B se duce pe desen o dreaptă, spre conturul interior. Din punctele A și B se ridică perpendiculare și se iau pe ele, la scara desenului, segmentele Aa și Bb , egale corespunzător, cu grosimile zăcămintului M și m . Prin punctele a și b

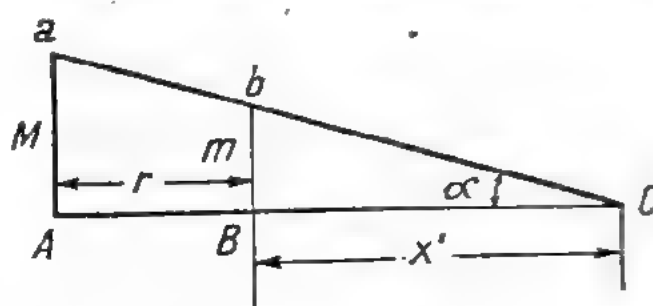


Fig. 231

se duce o dreaptă până la intersecția sa cu prelungirea segmentului AB în punctul C . Punctul C este punctul căutat al zăcămintului pe direcția dată AB . Unghiul α este unghiul de efilare a zăcămintului, după aceeași direcție, iar x' este distanța căutată, care trebuie luată pe prelungirea segmentului AB , spre conturul interior, pentru ca să se obțină punctul C .

Din fig. 231 rezultă că, având grosimile M și m ale zăcămintului în două lucrări miniere cele mai apropiate (punctele) A și B , și distanța r dintre ele, este ușor să se calculeze distanța dintre conturul exterior și interior după direcția dată x' , din următorul raport simplu:

$$x' = \frac{r \cdot m}{M - m} \quad (6.3)$$

Astfel, poziția punctului C al zăcămintului pe direcția dată se determină prin construcție sau prin calcul.

În scopul calculării rezervelor și al stabilirii limitelor după conturul nul (exterior) și interior, se construiește conturul grosimii minime exploatabile și, dacă este nevoie, conturul conținutului minim exploatabil. Mărimea lor este diferită și depinde de caracterul substanței minerale utile și de o serie de factori tehnico-economici. Conturul grosimii minime exploatabile (conținutul minim exploatabil al substanței minerale utile) se construiește după metoda interpolării între punctele cu valorile grosimilor și ale conținutului real, determinate.

Metodele construirii liniilor de conturare arătate mai sus, nu epuizează deloc rezolvările problemei puse, ci prezintă numai elementele geometrice necesare rezolvării ei în întregime.

§ 3. PLANURILE FUNDAMENTALE (DE BAZA) DE STRUCTURI ȘI DE CALITATE

În funcție de caracterul zăcământului și de tipul substanței minerale utile, se fixează complexul corespunzător al planurilor de structură și de calitate.

Pentru zăcămintele carbonifere stratiforme cu grosimea stabilă, exploatate prin metoda subterană, este destul să existe planul hipsometric pentru fiecare strat.

Pentru zăcămintele carbonifere lenticulare, afară de planul hipsometric, mai este necesară și întocmirea planurilor isogrosimilor zăcământului. Dacă, însă, zăcământul de acest fel se exploatează prin desvelire la zi, la graficele geometrice miniere menționate se mai adaugă și planul isoadâncimilor.

Toate zăcămintele de minereu și unele zăcămintele nemetalifere, cum și cele aluvionare, pretind, afară de planurile structurale enumerate și întocmirea planurilor calitative, în isolinii, după conținutul componentilor utili și neutili în minereu.

Se vor prezenta pe scurt caracteristica generală și obiectivul planurilor calitative și de structură. Metodele de construcție a planurilor și condițiile necesare rezultă din expunerea precedentă și se consideră cunoscute.

1. PLANUL HIPSONOMETRIC

Suprafața zăcământului sau a structurii geologice se poate reprezenta ca o suprafață topografică cu ajutorul isoliniilor, adică liniile de aceeași înălțime, care se numesc isohipse. Planul zăcământului în isohipse se numește plan hipsometric.

Reprezentarea zăcământului, care își menține grosimea normală, se limitează de obicei numai la reprezentarea culcușului zăcământului.

La reprezentarea zăcământului de formă complexă, cu grosimea variabilă, se construiesc isohipsele acoperișului și ale culcușului, întrucât hipsometria culcușului nu redă imaginea acoperișului zăcământului.

Planul hipsometric al zăcământului, constă dintr'un sistem de secțiuni orizontale echidistante, care caracterizează forma zăcământului și poziția sa în spațiu. În același timp, acest plan permite să

se determine zăcământul după o direcție sau alta, cum și elementele sale de direcție și înclinare, în diferite puncte.

Distanța dintre isohipsele cu aceeași cotă ale culcușului și ale acoperișului zăcământului, după o direcție sau alta, reprezintă grosimea orizontală a zăcământului, după această direcție.

Diferența cotelor obținută din isohipse, între culcuș și coperișul zăcământului, într'un punct oarecare al planului, caracterizează grosimea verticală a zăcământului în acest punct.

Folosind isohipsele culcușului și ale acoperișului zăcământului se poate obține ușor grosimea lui în orice direcție.

Unghiul direcțional al tangentei la isohipse, într'un punct oarecare, caracterizează direcția culcușului sau a acoperișului zăcământul, în acest punct. Direcția perpendiculară pe linia indicată într'un punct sau în altul se referă la direcția pantei suprafeței zăcământului în acest punct.

La suprapunerea planului hipsometric al zăcământului cu planul topografic al suprafeței terestre, se poate determina ușor adâncimea la care se află zăcământul, sau distanța pe verticală dela zi la zăcământ, ca diferență a cotelor suprafețelor indicate, în punctul dat al planului. Folosind isohipsele zăcământului se poate determina ușor volumul lui.

În sfârșit, planul isohipselor este absolut necesar la proiectarea lucrărilor miniere, întrucât permite să se traseze aceste lucrări miniere, corespunzător cu profilul general al zăcământului și cu conturile, la diferite orizonturi.

Reprezentarea suprafețelor complexe, după forma deranjamentelor tectonice, în prezența datelor corespunzătoare, se face, deasemenea, cu ajutorul isohipselor.

2. PLANUL ZĂCĂMÂNTULUI ÎN ISOGROSIMI

Cu toate că planul hipsometric al zăcământului nu dă o imagine completă a formei zăcământului și a poziției sale în spațiu, totuși, o serie de probleme, care sunt în legătură cu caracteristica grosimii zăcământului în orice punct, se rezolvă prin construcțiile complementare, ceeace prezintă, fără îndoială, un dezavantaj în folosirea planurilor hipsometrice, pentru aceste scopuri.

La rezolvarea acestor probleme, este mai ușor să se folosească graficul special de structură, adică planul zăcământului dat în isogrosimi. Aceste planuri dau o imagine evidentă (sugestivă) a variației grosimii și permit să se execute determinarea ei în orice punct, fără a fi necesare construcții complementare.

La construirea planului zăcământului în isogrosimi, problema se reduce la înlocuirea corpului, limitat din partea acoperişului şi a culcuşului de suprafeţe topografice, cu un corp mai simplu, limitat din partea acoperişului de o suprafaţă topografică, iar din partea culcuşului, de un plan. Acest plan este planul de proiecţie a zăcământului pe normală. Proiectarea zăcământului se face pe planul orizontal sau vertical, în funcţie de înclinarea generală a zăcământului. Însă, uneori, pentru a se obţine o deformare mai mică a dimensiunilor zăcământului, se face proiecţia pe un plan înclinat, care are înclinarea şi direcţia egale cu înclinarea şi direcţia medie a zăcământului.

La proiectarea zăcământului pe un plan orizontal, se proiectează grosimile lui verticale şi, invers, la proiectarea planului pe un plan vertical se proiectează grosimile orizontale. La proiectarea pe un plan înclinat, care are elemente de direcţie şi de înclinare apropiate de elementele de direcţie şi de înclinare ale zăcământului, se vor obţine valorile grosimilor apropiate de grosimile normale ale zăcământului. Planul zăcământului în isogrosimi se poate considera ca planul hipsometric al suprafeţei zăcământului, proiectat pe un plan orizontal.

Fie în fig. 232 secţiunea plană verticală A a zăcământului. Segmentele 1—1, 2—2, 3—3, etc., în secţiunea A , sunt grosimile verticale ale zăcământului, care vor fi proiectate pe planul H . Pe direcţia HH , se obţin punctele 1₁, 2₁, 3₁, etc. Se iau dela aceste puncte segmentele 1₁—1₁', 2₁—2₁', 3₁—3₁', etc. egale cu grosimile verticale corespunzătoare ale zăcământului. Unind capetele acestor segmente cu o curbă, se va obţine, între această curbă şi direcţia orizontală H , o suprafaţă oarecare B , care reprezintă secţiunea plană verticală a zăcământului proiectat, egală cu suprafaţa secţiunii A a zăcământului neproiectat. Deoarece segmentele corespunzătoare (grosimile verticale) sunt egale în secţiunile A şi B , suprafeţele corespunzătoare elementare ΔS şi ΔS_1 ale acestor secţiuni vor fi deasemenea egale între ele; rezultă că şi suprafeţele secţiunilor A şi B sunt egale între ele. Extinzând raporturile obţinute pentru supra-

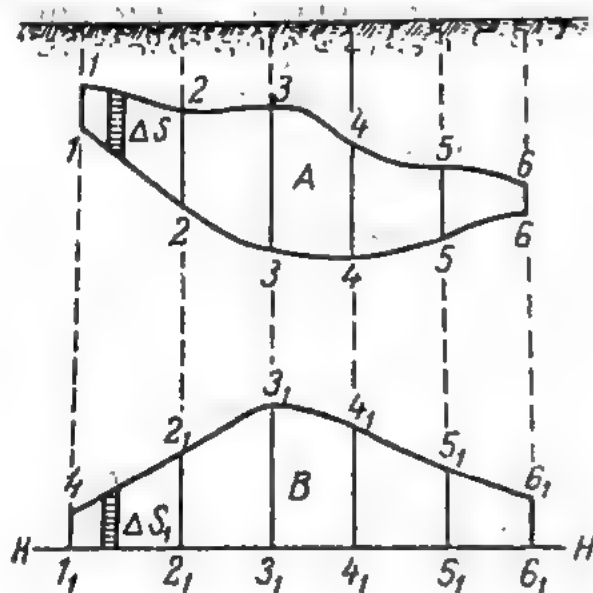


Fig. 232

sunt egale între ele. Extinzând raporturile obţinute pentru supra-

fețele A și B asupra volumului zăcământului, se găsește că volumele zăcământului proiectat și neproiectat vor fi egale între ele.

Făcând secțiuni paralele echidistante în zăcământul proiectat, se vor obține curbe de grosimi verticale, egale, sau planul zăcământului în isogrosimi. Intocmirea planului în isogrosimi se face astfel. După datele de explorare se reportează pe plan proiecțiile punctelor, în care sunt cunoscute grosimile zăcământului. Lângă aceste puncte se înscriu valorile numerice ale grosimilor. Cele din urmă se iau direct după datele de explorare (în cazul sondelor verticale) sau se determină după secțiuni (în cazul sondelor înclinate). La explorarea zăcământului prin sonde înclinate, valoarea grosimii verticale se raportează la punctul de pe mijlocul distanței dintre punctele de intrare și de ieșire ale sondei din zăcământ, apoi, cu ajutorul metodei de interpolare liniară, se duc curbele cu aceeași grosime. Planul zăcământului în isogrosimi dă posibilitatea să se determine, pe calea interpolării, grosimea verticală în orice punct. Afară de aceasta, după acest plan este ușor să se culculeze volumul zăcământului.

3. PLANUL ISOADÂNCIMILOR

Cu ajutorul metodei isoliniilor poate fi caracterizată adâncimea la care se află corpul de minereu în orice punct. Liniile cu aceeași adâncime se numesc „isoadâncimi“, iar graficul însuși se numește „planul isoadâncimilor“. Construirea lui se face la fel ca orice suprafață topografică, după o serie de puncte, în care este cunoscută adâncimea așezării zăcământului, direct din datele de explorare sau exploatare.

Planurile isoadâncimilor sunt absolut necesare la geometrizarea zăcămintelor substanțelor minerale utile, care se exploatează prin desvelire. După raportul dintre adâncimea la care se află zăcământul și grosimea zăcământului, care se determină după planurile de isoadâncimi și de isogrosimi, se stabilesc limitele exploatării executate prin desvelirea la zi. După planul de isoadâncimi se determină volumul lucrărilor de desvelire.

4. PLANUL ISOLINIILOR DE CONȚINUT ÎN COMPONENTI UTILI SAU CU INFLUENȚE DĂUNATOARE

Isolinia de conținut a componentului este linia care unește punctele valorilor numerice egale ale conținutului acestui component în unitatea de volum sau de greutate a minereului.

Planul isoliniilor conținutului unui component în masa zăcământului fiind totalitatea acestor isolinii, el va da imaginea distribuției componentului în zăcământ și va caracteriza media saturației minereului cu acest component, în puncte separate. Importanța cea mai mare o prezintă planurile isoliniilor componentilor, care determină conținutul exploatabil al minereului.

La întocmirea acestor planuri au loc două cazuri, care determină obiectivul planului.

La exploatarea simultană a zăcămintului pe toată grosimea sa, obiectul reprezentării este conținutul mediu al componentului pe toată grosimea, în diferite puncte ale zăcămintului.

La exploatarea zăcămintului pe orizonturi (felii) separate, obiectul reprezentării este conținutul mediu al componentului, după grosimi similare fiecărui orizont (felii).

Afară de aceasta, planurile isoliniilor de conținut ale componentului pot să caracterizeze pe acesta din urmă, în planul secțiunii zăcămintului. În acest caz, se caracterizează conținutul în diferite puncte ale unei secțiuni și distribuția sa în planul secțiunii zăcămintului.

Cifrele conținuturilor folosite la construirea graficelor geometrice miniere de tipul dat, în funcție de metoda eșantionării, se obțin direct din procesul eșantionării sau ca numere ale construirii curbelor de variație a conținutului și a calculului valorilor medii, după datele eșantionării.

Dacă cifrele conținuturilor componentului caracterizează conținutul sau media lui pe toată grosimea zăcămintului, sau a feliei, aceste cifre se raportează la centrul aceluși sector, pentru care s'a obținut acel conținut mediu al componentului, iar pe planul isoliniilor, conținuturile menționate se raportează la proiecția centrelor sectoarelor eșantionate. La construcția planului isoliniilor de conținut, pentru secțiunea plană, pentru un orizont oarecare, de exemplu +120, după datele lucrărilor de foraj, conținutul în punctele de intersecție a sondelor cu planul orizontului dat se referă la punctele de intersecție indicate. Astfel, pentru construirea planului este nevoie de cunoașterea conținutului componentului, din lucrări miniere. Pentru caracterizarea conținutului componentului util, din lucrări miniere separate și pentru obținerea conținutului mediu se întocmesc de obicei *curbele conținutului*, pentru fiecare lucrare minieră.

Pentru exemplificare se vor construi curba conținutului după o sondă și datele eșantionării. Fie datele eșantionării și ale analizei chimice, următoarele (tabela 19).

Tabela 19

Datele eșantionării sondelor

Nr curent	Intervalul dealungul sondei, m	Conținutul în interval, ‰	Nr. curent	Intervalul dealungul sondei, m	Conținutul în interval, ‰
1	40,00—45,64	2,92	4	59,71—66,05	2,30
2	45,64—51,57	2,47	5	66,05—70,17	3,37
3	51,57—59,71	3,43	6	70,17—72,42	3,43

Se trasează pe hârtie dreapta AB la o scară aleasă, egală cu partea carotată a sondei (fig. 233). Se împarte această porțiune a sondei în secțiuni (pe intervale), după datele din tabelă. Pentru fiecare interval s'a obținut, din eșantionare, conținutul metalului (Cu) în procente și el reprezintă

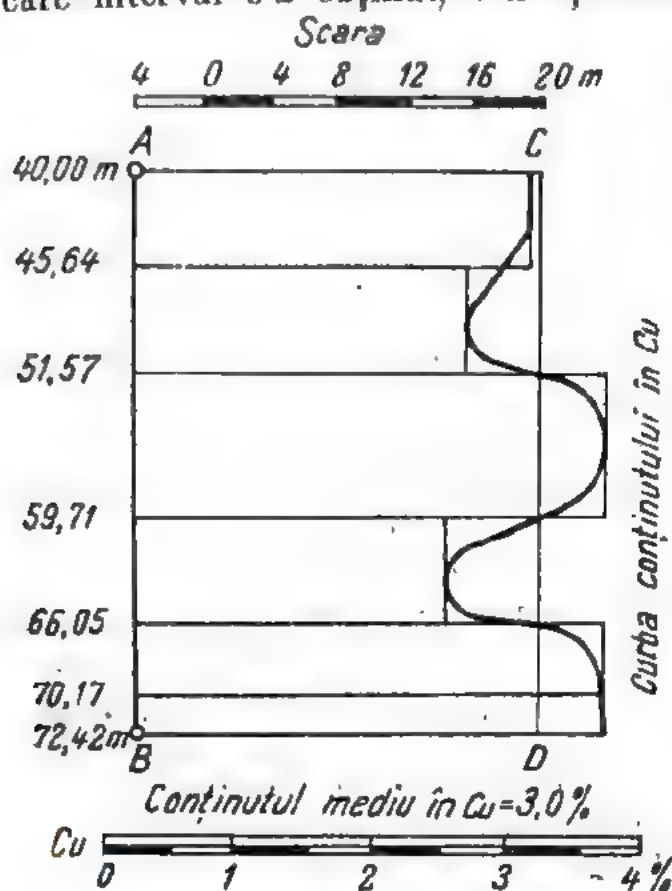


Fig. 233

media conținutului pe acest interval. Deaceia, dacă se va construi pe fiecare interval al dreptei AB , ca bază, câte un dreptunghi, a cărui înălțime la scara aleasă (arătată în partea de jos a desenului) este egală cu conținutul mediu al metalului pentru intervalul dat al sondei, dreptunghiurile astfel obținute vor caracteriza conținutul metalului pe sondă. În realitate, conținutul variază încet; deaceia, folosind dreptunghiurile construite, se va duce la mijlocul laturilor celor din urmă o curbă, care va fi „curba conținutului” pe sondă. Folosind această curbă se poate determina ușor conținutul metalului în orice punct

al sondei, cum și conținutul mediu pe întreaga lucrare minieră. Conținutul metalului la orice orizont al sondei este egal cu ordonata corespunzătoare a „curbei conținutului” și conținutul mediu este egal cu suprafața cuprinsă între dreapta AB și curba conținutului, împărțită la lungimea AB , ținând seamă de scara graficului curbei de conținut.

Construcția curbei conținutului după orice lucrare minieră de explorare și de exploatare, la eșantionarea ei secțională, se va executa după cum s'a expus mai sus. Curba s'ar fi putut construi după ordonate, care exprimă, pentru orice interval, conținutul mediu, raportat la mijlocul intervalului.

Dacă este nevoie, curba conținutului se uniformizează în limitele admise, după cum este reprezentat în fig. 222. Metodele de construcție a planului de isolinii: a conținutului, ca și a altor planuri de isolinii, rezultă din regulile și condițiile generale, expuse în capitolul precedent.

5. PLANURILE ISOLINIILOR DE REZERVE LINIARE

Prin rezerve liniare ale minereului q și ale componentului util p , se înțelege cantitatea lor, exprimată în greutate raportată la unitatea de suprafață a zăcămintului, adică greutatea minereului sau a metalului din prisma cu înălțimea egală cu grosimea zăcămintului (sau a fâșiei) și cu baza egală cu 1 m^2 .

Mărimile p și q în greutate pot fi calculate din expresia:

$$q = mR \quad (6.4)$$

$$p = \frac{mRc}{100} = \frac{q \cdot c}{100} \quad (6.5)$$

în care m este grosimea zăcămintului (sau a fâșiei), în m ;

R — greutatea volumetrică a minereului;

c — conținutul componentului util, în $\%$.

În cazul când c este exprimat în unități de greutate la o tonă de minereu:

$$v = mRc = q \cdot c. \quad (6.6)$$

Pentru c exprimat în greutate de greutate pentru 1 m^3 de minereu:

$$p = m \cdot c. \quad (6.7)$$

Rezerva liniară în cazul zăcămintelor carbonifere se numește „*productivitatea stratului*” și caracterizează greutatea în tone a cărbunelui pentru 1 m^2 de suprafață de strat.

Mărimea p la zăcămintele aurifere aluvionale se numește conținut de aur pentru o suprafață. La zăcămintele de fosforite, p se numește „*productivitatea zăcămintului*”.

Stabilind pe p și q în diferite puncte ale zăcămintului, și folosindu-le, se poate construi linia valorilor egale pentru p și q . Totalitatea acestui fel de isolinii va da planul isoliniilor de rezerve liniare ale minereului sau ale componentului util al zăcămintului.

Pentru lucrările de explorare verticale, rezervele liniare se calculează direct după datele din jurnalele de foraj și de carotaj. La explorarea prin lucrări miniere înclinate, mărimile m și c , necesare calculului rezervelor liniare, se găsesc din secțiuni și după curbele conținutului.

Deoarece în expresia mărimilor p și q intră și grosimea zăcămintului, conturul exterior al zăcămintului în planul rezervelor liniare se va reprezenta cu izolinia nulă.

Planurile isoliniilor rezervelor liniare redau o imagine sugestivă a distribuției rezervelor de minereu și a componentului util, în limitele zăcămintului. Ele sunt necesare planificării extracției de minereu și calculării rezervelor.

Afară de planurile principale de structură și de calitate enumerate, se mai folosesc alte multe grafice geometrice miniere. Nu este nevoie să se insiste asupra acestora.

O utilizare justă a condițiilor generale, expuse mai sus, va asigura o alegere justă a metodelor și a mijloacelor, în rezolvarea geometrică a oricărei alte probleme puse.

§ 4 CATEVA EXEMPLE DE GEOMETRIZARE A ZĂCĂMINTELOR DE SUBSTANȚE MINERALE UTILE

În practica lucrărilor serviciului geologic dela întreprinderile miniere s'au stabilit condițiile pentru complexul planurilor de structură și de calitate și pentru folosirea lor. Pentru ilustrare se dau o serie de exemple.

1. ZĂCĂMINE DE CARBUNI CU GROSIMEA UNIFORMĂ

Caracteristica condițiilor geologice ale acestui tip de zăcămintă este dată în capitolul „Dislocări”. Condițiile avantajoase pentru cartarea geologică sunt particularitățile structurii în secțiuni, cu caracterul deschis al suprafeței.

Așezarea rocilor și a straturilor de cărbuni din adâncime se manifestă la suprafață prin aflorimente. Deaceia, documentarea acestor aflorimente de rocă constituie punctul esențial de plecare, pentru geometrizarea zăcămintului.

Nu întâmplător s'a executat o ridicare geologică instrumentală, la scară mare (1:5 000), pe suprafețele extinse ale bazinului Doneț. Se trec pe hartă, detaliat și cu precizia necesară, aflorimentele rocilor (iviri de calcare și gresii) și ale straturilor de cărbune.

Metoda instrumentală de cartare, cum și scara 1:5 000, asigură o asemenea precizie a hărții stratigrafice, încât, pe această hartă și în condițiile zăcămintelor carbonifere, se pot corela cu precizie punctele dela suprafață cu cele subterane, pentru rezolvarea problemelor geometrice. Harta stratigrafică astfel întocmită este folosită foarte mult în lucrările de explorare și de exploatare. De exemplu, această hartă este absolut necesară întocmirii planurilor hipsometrice ale straturilor, folosite la calculul rezervelor și la proiectarea lucrărilor miniere. Cu ajutorul ei este mai ușor și mai sigur să se întocmească harta dislocărilor din diverse sectoare ale zăcămintului. Harta stratigrafică este necesară și organizării lucrărilor de explorare, de exemplu amplasării sondelor, spre orizonturile de adâncime. Folosind harta stratigrafică, sondele se pot foră cu carotare limitată și, în acest caz, sonda se sapă pe sute de metri adâncime fără carotare și numai acolo,

unde se presupune o întâlnire cu straturile de cărbune, se scot carote. Afară de aceasta, este foarte important ca sondele, care costă scump, să fie amplasate în locurile unde pot traversa stratul în condiții normale, adică nedormitate prin dislocări, dar aceasta se poate face cu siguranță, numai dacă se folosește harta stratigrafică. Pentru stratele care-și păstrează grosimea normală pe distanțe mari, adică cu păstrarea paralelismului de sedimentare a rocilor, aflorimentele lor vor da o imagine a condițiilor în care se află zăcămintul în adâncime, ceea ce este absolut necesar proiectării lucrărilor miniere la diferite orizonturi.

Prin cele arătate nu se epuizează importanța hărții stratigrafice pentru minieră și pentru serviciul geologic de explorare, dar aceasta este destul pentru a aprecia necesitatea ei. Astfel, harta stratigrafică reprezintă planul structural inițial al zăcămintului.

Harta la scară mare, cu documentare asupra lucrărilor miniere de explorare și de exploatare, servește ca bază pentru întocmirea planurilor structurale pentru adâncime.

În condițiile direcției constante și a grosimii uniforme a stratelor de cărbuni, cum și în condițiile de zăcămint, adesea complicate prin dislocări, din toate planurile structurale, cele mai necesare sunt planurile hipsometrice ale stratelor separate și ale dislocărilor sectorului dat. În adevăr, prin astfel de planuri structurale, forma zăcămintului se determină destul de clar. Fig. 234 reprezintă planul hipsometric, la aceeași scară cu harta stratigrafică, a stratului „Rau m₃”, pentru sectorul minei nr. 3-3 bis. Metodele construirii unui asemenea plan au fost analizate mai sus. Planul hipsometric al stratului (fig. 234) s'a executat după secțiuni verticale. Cu ajutorul hărții stratigrafice cu coloana normală a rocilor sectorului dat și prin deschiderile depunerilor carbonifere prin sonde, puțuri și transversale, s'au construit secțiunile de ansamblu verticale. Numărul lor a fost determinat de necesitatea folosirii cât mai complete a materialului, care există pentru stabilirea reliefului stratelor. Față de considerațiile expuse, secțiunile trebuie făcute, pe cât este posibil, transversal pe strate. Ca ilustrare, în fig. 235 este reprezentată una dintre secțiunile verticale de ansamblu. În planul secțiunilor verticale se determină punctele ce se găsesc pe stratul m₃ (cum și pe alte strate). Totodată, se determină punctele (și cotele lor) de deschidere naturală și artificială ale stratului, cum și punctele care au ca cotă multiplii secțiunii alese a curbelor de nivel.

Punctele cu cotele lor de pe fiecare plan al secțiunii verticale se proiectează pe direcția secțiunii și se transpun pe plan, după care, pe calea obișnuită, se reprezintă suprafața acoperișului fiecărui strat (fig. 234) adică liniile cu aceeași înălțime (plan hipsometric). Planul hipsometric al stratului m₃ este construit până la orizontul 400.

Construirea reliefului stratelor trebuie începută dela sectoarele mai bine cunoscute.

La construirea planurilor topografice ale suprafeței terestre, desenarea reliefului se începe, totdeauna, dela elementele cele mai caracteristice ale suprafeței. Construcția hipsometriei stratului se

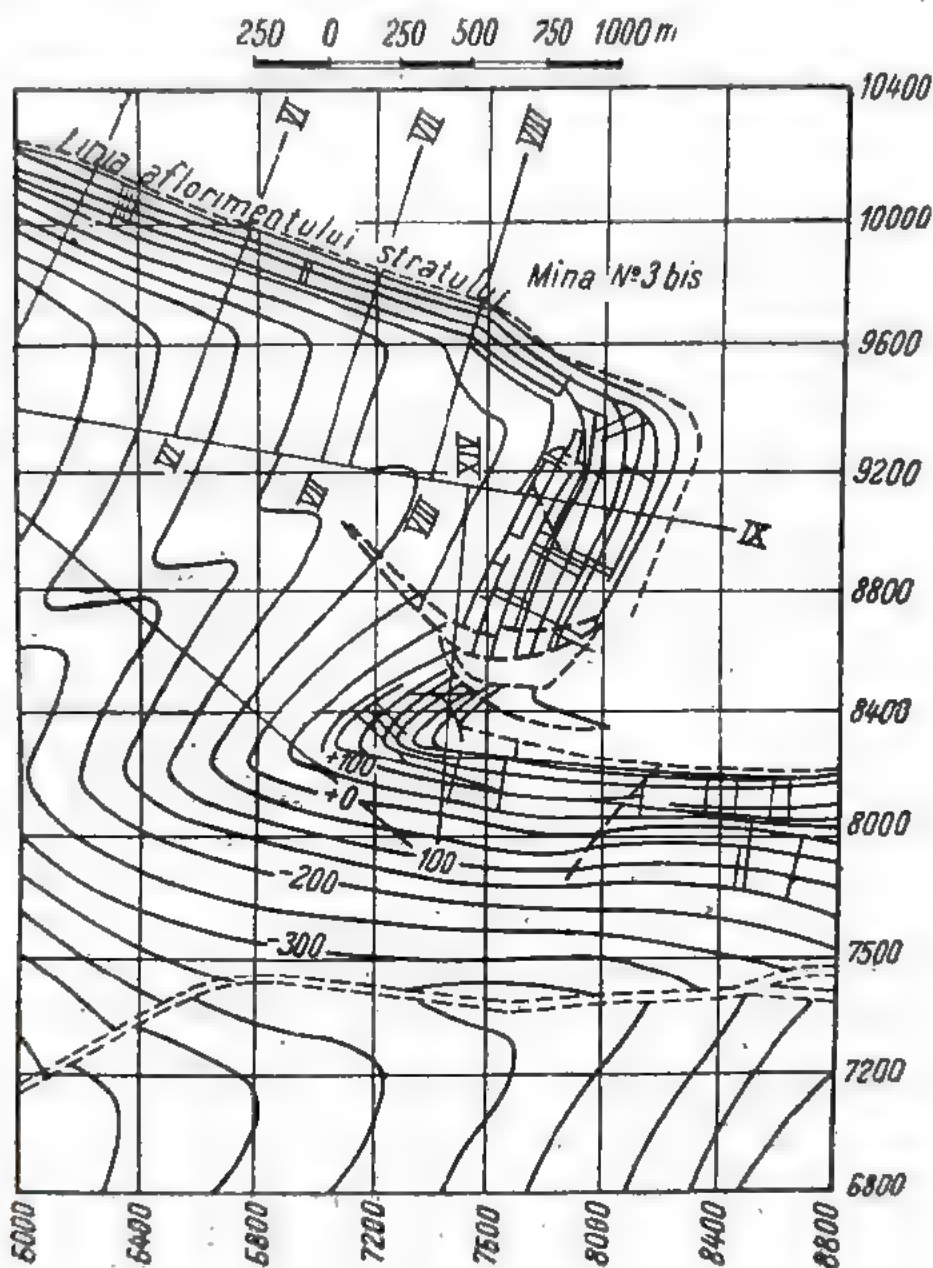


Fig. 234

începe dela sectoare mai clare și mai studiate. Asemenea sectoare sunt părțile exploatate ale stratului. După desenarea acestor sectoare, se construiesc sectoarele adiacente lor, care sunt așezate la o adâncime mai mare. In cazul când lipsesc lucrările miniere pe strat, construcția reliefului se face de sus, dela calcare, ridicate cu ajutorul instrumentelor.

In prezența mai multor strate, se construiește mai întâi planul hipsometric al stratului exploatat sau al celui care se află în ex-

Section I-I

Scala

50 0 50 100 150 200 250 300

Sonda 312
M₈ M₇ M₆ M₅ M₄ M₃ M₂ M₁
Sonda 95
M₇ M₆ M₅ M₄ M₃ M₂ M₁

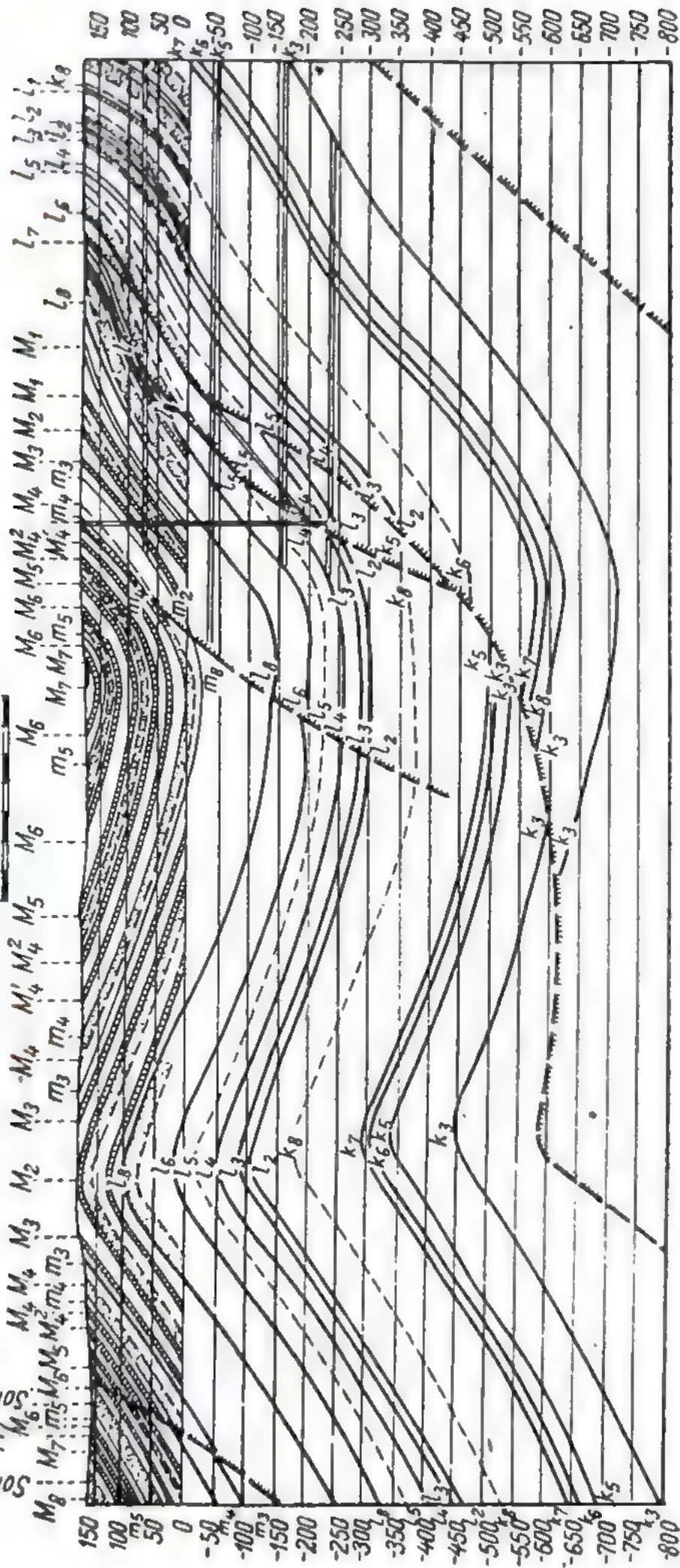


Fig. 235

ploatare și apoi al celorlalte strato. Pentru aceasta se folosește constanta grosimilor normale, sau caracterul variației lor.

După datele de plecare indicate, după aceeași metodă, se construiesc planele hipsometrice ale dislocațiilor. Pentru ușurarea conjugării lor cu planurile stratelor, secțiunea curbilor de nivel se alege aceeași, ca la construirea reliefului stratelor.

Pentru determinarea liniei de intersecție a stratului cu dislocarea (falia) este destul să se suprapună planul hipsometric al stratului, peste planul hipsometric al dislocării. Linia care unește punctele de intersecție ale curbilor cu aceeași cotă a suprafeței stratului și a suprafeței dislocării, va fi linia de intersecție căutată.

Astfel, planurile hipsometrice ale stratelor și ale dislocațiilor reprezintă materialul de bază, care caracterizează condițiile de așezare a zăcămintului.

Folosind planurile arătate, este ușor să se construiască secțiunea orizontală a zăcămintului pentru orice orizont. Pentru aceasta, este destul să se copieze pe hârtie de calc isohipsele unui plan, care au cota egală cu cota orizontului, pentru care se întocmește secțiunea. Totalitatea lor va da secțiunea zăcămintului, pentru orizontul dat.

Pe hărțile geologice, aflorimentele stratelor sunt reprezentate, uneori, fără considerarea grosimii aluviunilor. În asemenea cazuri, la construirea planurilor reliefului subteran, această împrejurare trebuie să fie lăsată în considerație.

Dacă grosimea stratelor de cărbune variază foarte mult, pentru caracteristica zăcămintului se întocmesc planurile stratelor cu liniile grosimilor egale. Dacă grosimile au o variație lentă nu mai este nevoie să se întocmească asemenea planuri. Pentru zăcămintele carbonifere, în condițiile variației mari a rocilor din acoperiș, este important să se întocmească planul litologic al rocilor din acoperiș. La schimbarea rocilor din acoperiș, la locul contactului, stabilitatea acoperișului este slăbită. Este important să se cunoască din timp prezența acestor locuri, pentru a putea schimba metoda de dirijare a acoperișului, cu ajutorul planului litologic al rocilor din acoperiș. În multe cazuri, acest plan poate fi trasat pe hărțile topografice miniere de bază.

2. GEOMETRIZAREA ZĂCĂMANTULUI CUPRIFER

Corpul principal de minereu al zăcămintului este o lentilă alungită pe direcția meridianului. În urma lucrărilor de explorare, a fost deschis prin lucrări miniere, numeroase. Toate lucrările miniere sunt numerotate cu îngrijire. Fig. 236 și 237 reprezintă un exemplu al acestei documentații inițiale.

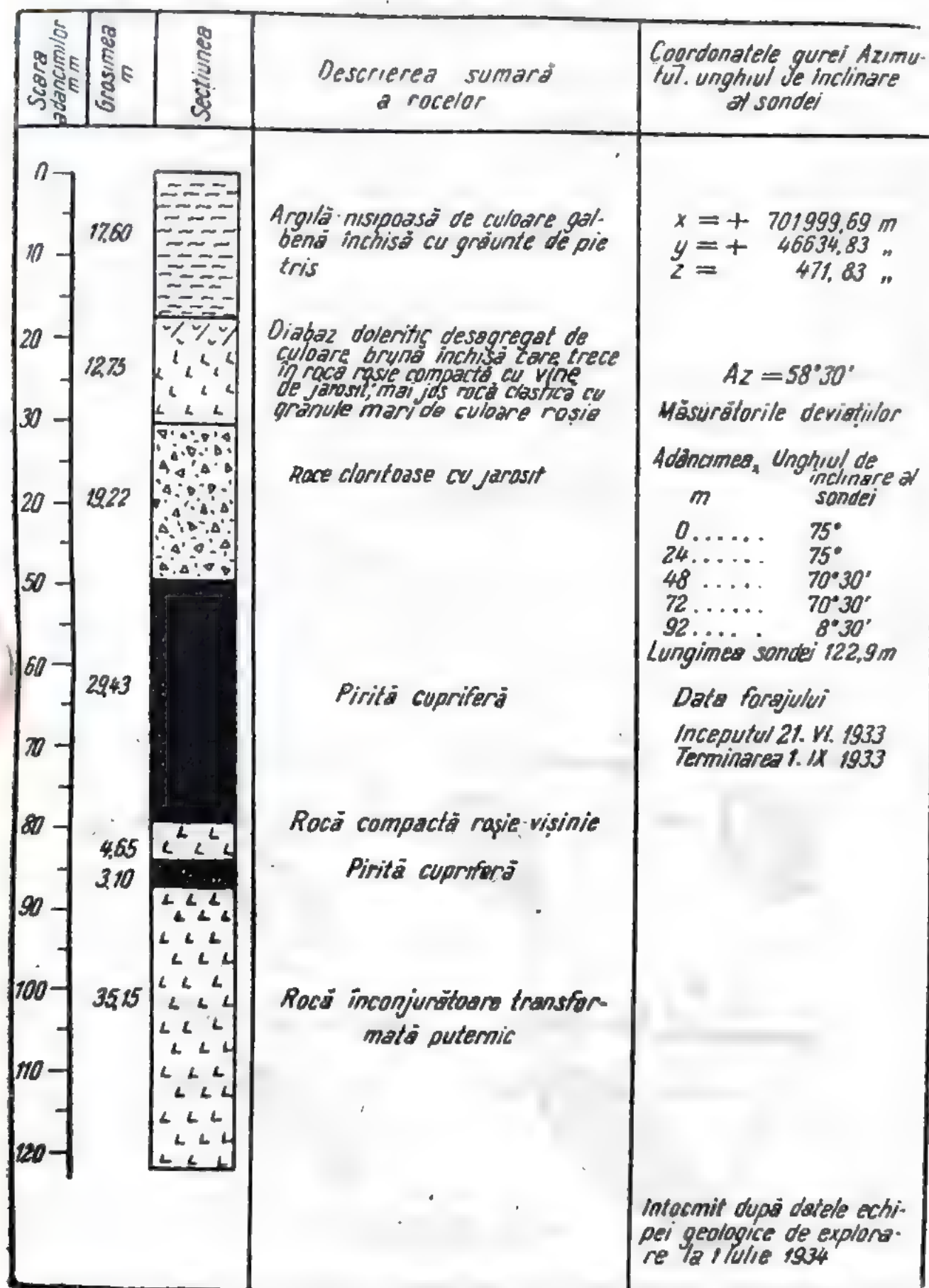


Fig. 236

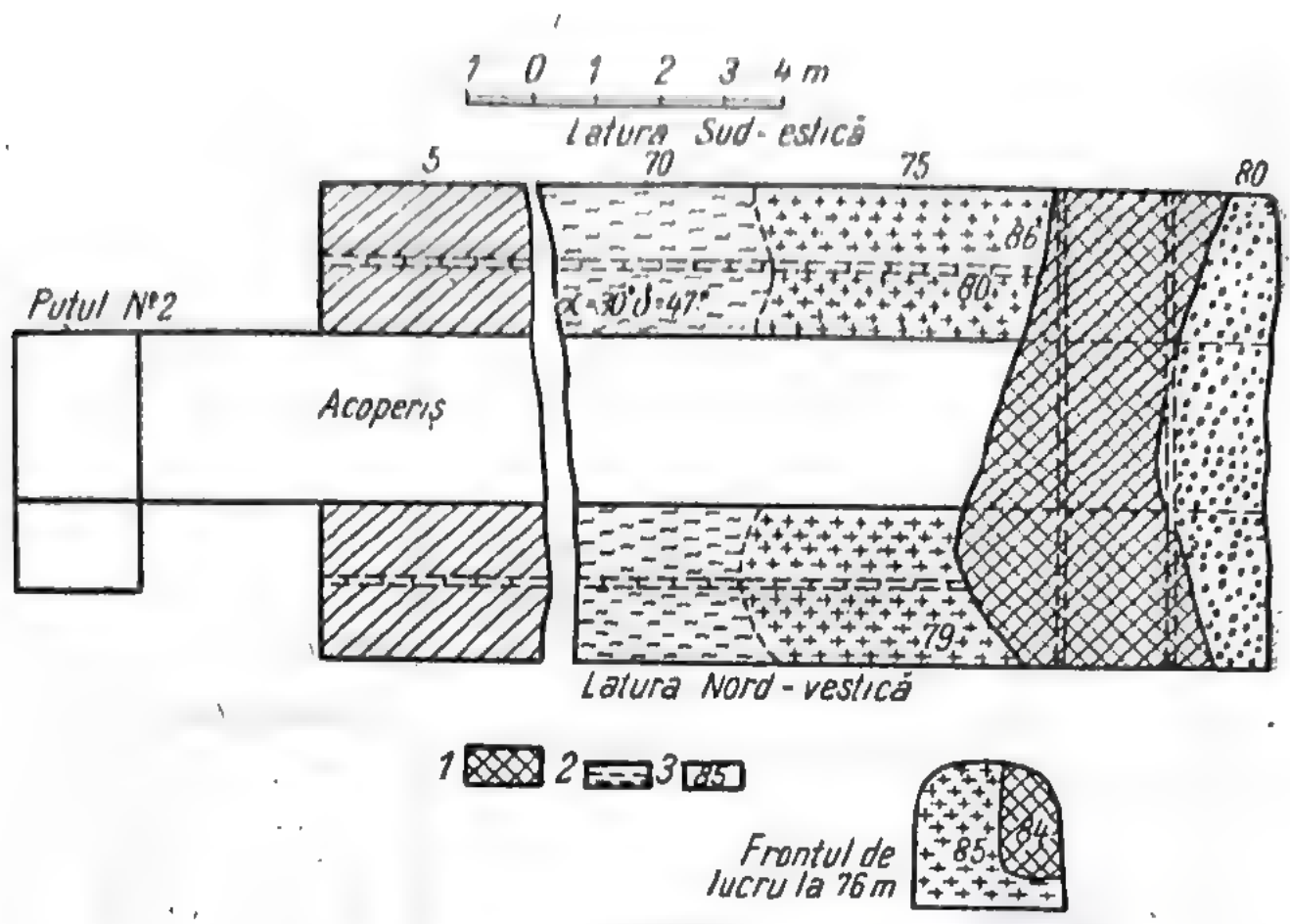


Fig. 237

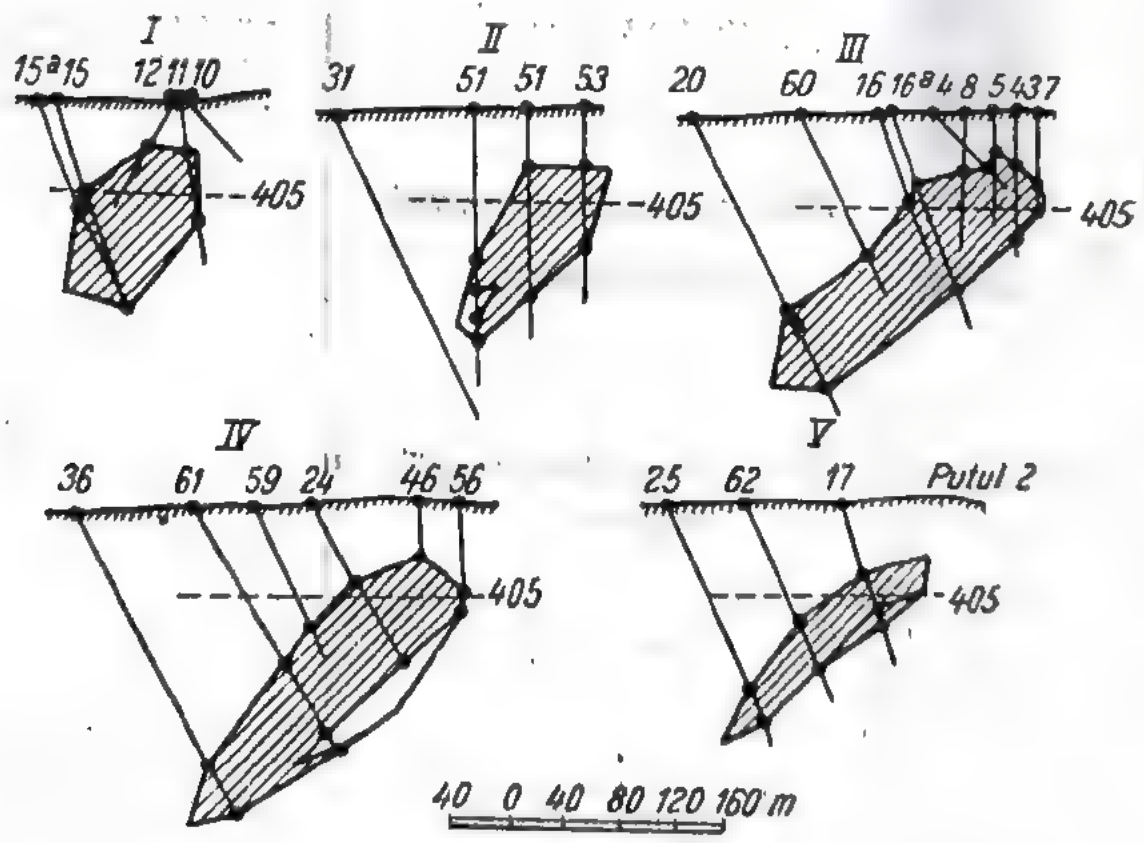


Fig. 238

Fig. 236 reprezintă secțiunea rocilor după o sondă. Această secțiune este însoțită de o descriere scutită a rocilor și de date, care se referă la caracteristicile geometrice ale sondelor. Afară de aceasta, după fiecare lucrare minieră sunt întocmite curbele conținutului componentilor utili, care sunt reprezentate ca în fig. 232 și 233 și sunt trecute, deasemenea, în catalog.

Partea superioară a zăcămintului este pălăria de fier, care este explorată prin șanțuri, suitori și puțuri. La orizontul 405, zăcămintul este deschis printr'un puț cu o transversală.

Documentarea este arătată în fig. 237, sub forma desfășurată. Afară de roce, pe figură sunt reprezentate brazdele de eșantionare și punctele de luare a probelor. În locurile caracteristice s'au executat desenele frontului de lucru; de exemplu, în partea de jos a figurii este reprezentat desenul frontului de lucru, la 76 m, pe transversală. Secțiunile după lucrările miniere sunt trecute în catalog. În baza secțiunilor după diferite lucrări miniere separate, sunt construite secțiunile geometrice de ansamblu, după direcțiile care merg aproximativ transversal pe direcția lentilei. În partea lentilei care a fost explorată prin sonde, s'au construit cinci secțiuni geometrice de ansamblu, reprezentate în fig. 238. Lucrările miniere care nu au fost plasate exact pe direcție s'au proiectat pe planul secțiunii.

Secțiunile geometrice de ansamblu (fig. 238) dau o imagine a formei lentilei în aceste secțiuni. Afară de aceasta, ele sunt necesare, deasemenea, construirii lentilei. La explorarea zăcămintului, unele dintre lucrările miniere trec prin corpul de minereu, iar altele trec înafara lui. Pe baza acestor lucrări este posibil să se traseze conturul corpului de minereu, care trece într'un punct între lucrările miniere cu, și fără minereu.

Transportând punctele nule de pe secțiune pe plan și unindu-le cu o linie, se va obține pe plan conturul exterior al zăcămintului. Având conturul și proiecția punctelor de intrare a sondelor în corpul de minereu și a punctelor de ieșire a lor, cum și secțiunile indicate mai sus, se poate reprezenta lentila sub forma planului hipsometric (fig. 239).

Pe fiecare secțiune din fig. 238 este trasată linia orizontului $+405$. În cele ce urmează se va reprezenta lentila numai pentru acest orizont. Aceasta s'a și reprezentat în fig. 239. Aici sunt trasate gurile sondelor, și s'a reprezentat în isohipse corpul de minereu (lentila) până la orizontul 405. Echidistanța curbelor de nivel a fost luată de 5 m. Isohipsele acoperișului lentilei sunt reprezentate prin linii pline, isohipsele culcușului, prin linii punctate, iar curbele de nivel ale suprafeței terestre, tot prin linii punctate.

Planul astfel construit dă o imagine spațială a formei corpului de minereu și, prin aceasta, ușurează, la proiectare, alegerea metodei de deschidere, pregătirea zăcămintului pentru exploatare și alegerea metodei de exploatare.

Pornind de la cantitatea datelor inițiale, de la precizia lor, cum și de la condițiile de proiectare, echidistanța curbelor de nivel, de 10 m, și trasarea curbelor de nivel intermediare în locurile caracteristice, în cazul dat, pot fi socotite ca suficiente.

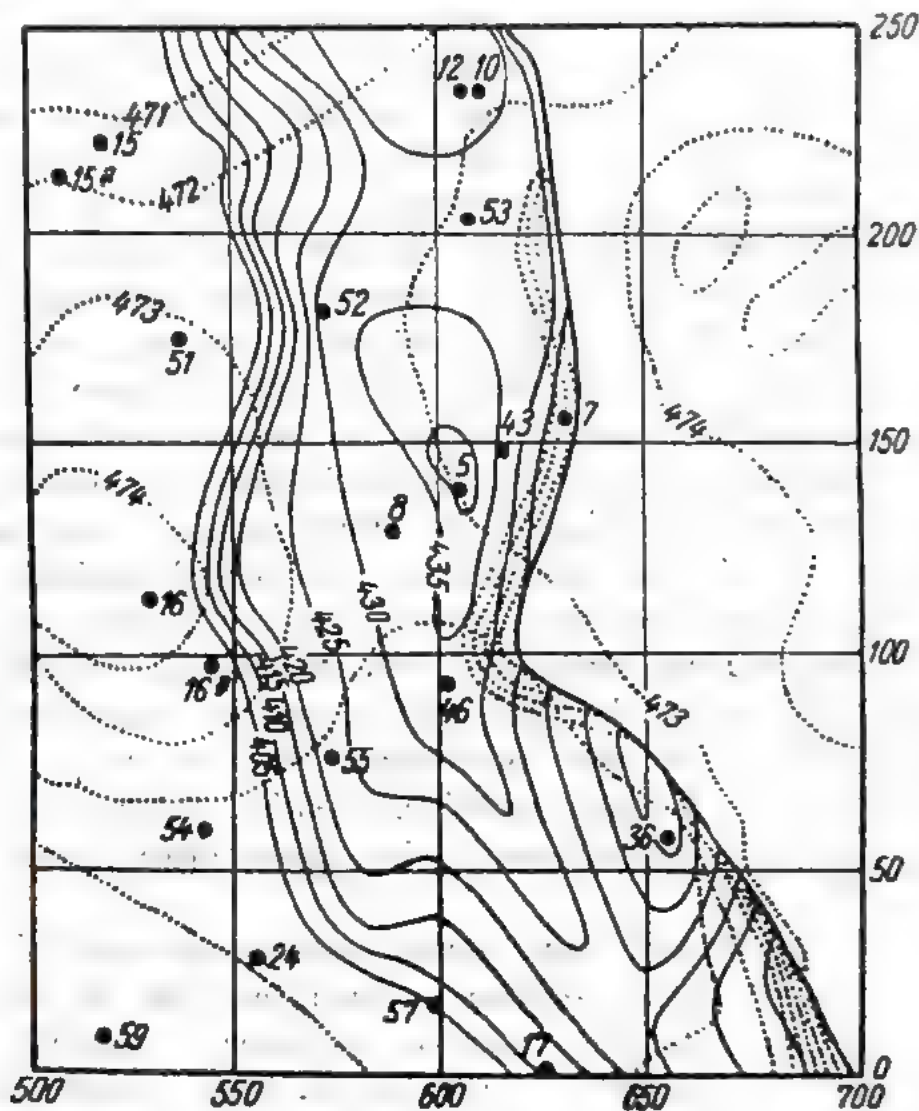


Fig. 239

În fig. 240, aceeași parte a lentilei (până la orizontul 405 m) este reprezentată sub forma corpului proiectat, adică prin planul isogrosimilor, cu echidistanța curbelor de nivel de 10 m. Obiectivul acestui plan este clar și fără alte explicații.

Graficul care caracterizează conținutul și distribuția componentului util în limitele lentilei arătate este reprezentat în unități convenționale, prin planul de isolinii al conținutului de cupru (fig. 241). Echidistanța isoliniilor este luată aici de 0,5 din unitate.

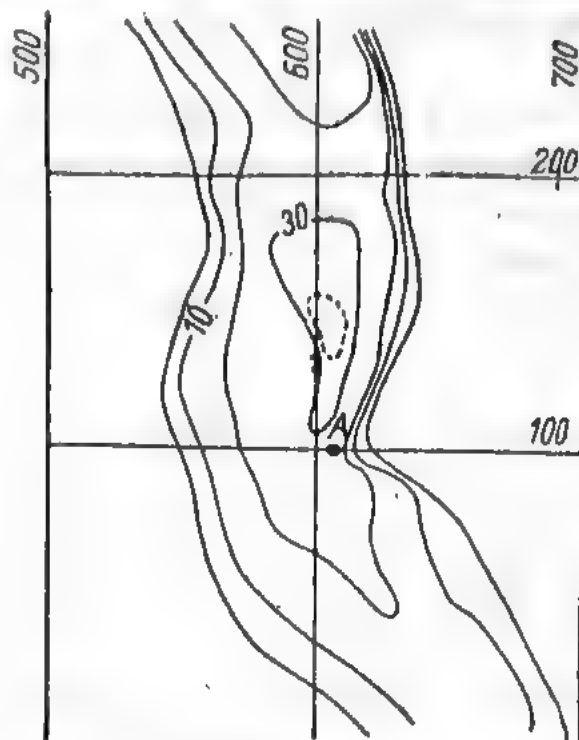


Fig. 240

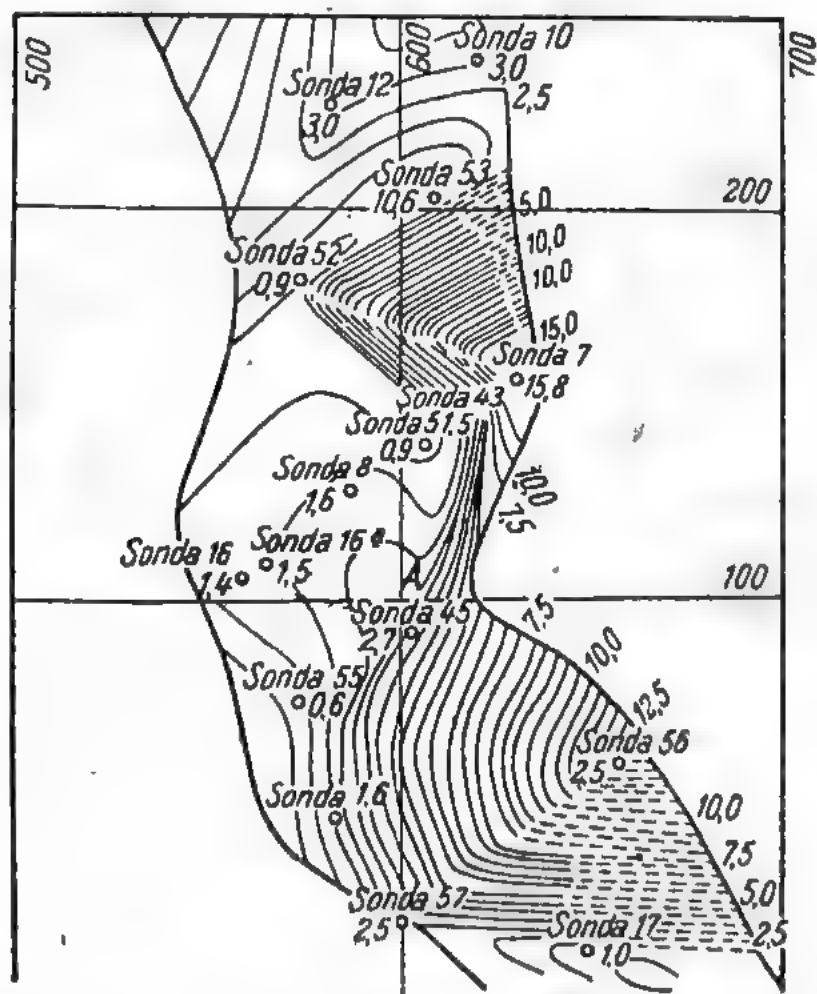


Fig. 241

3. GEOMETRIZAREA ZACAMINTELOR ALUVIONARE (POLIGOANELE DE DRAGARE)

În acest caz, ca bază pentru întocmirea graficelor geometrice miniere, servește documentarea inițială a lucrărilor de explorare. Operația intermediară este întocmirea secțiunilor de ansamblu și a curbelor conținutului, după direcțiile de explorare.

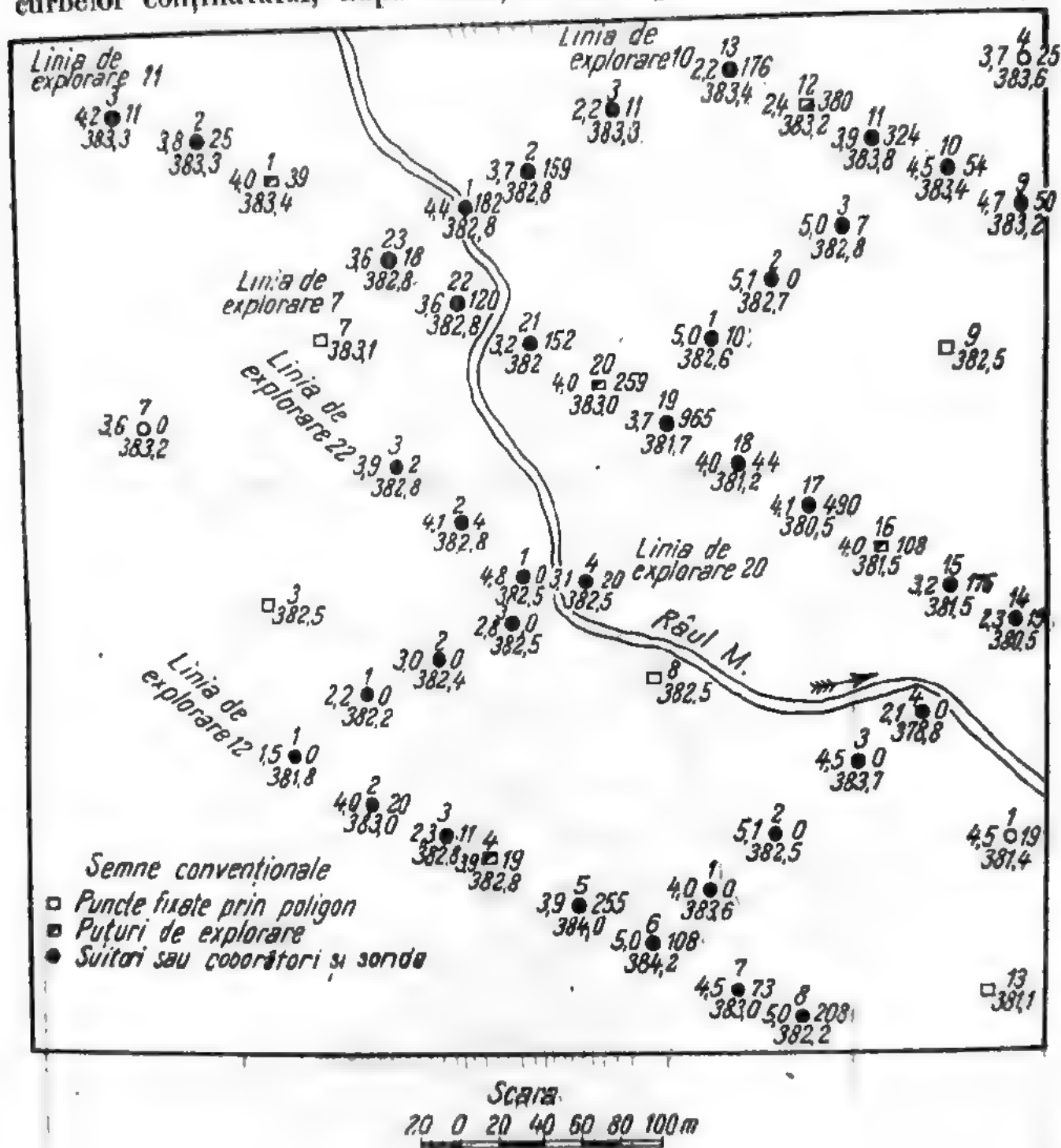


Fig. 242

Pentru ușurința lucrului cu materiale, unele date ale explorării sunt concentrate într'un singur loc și sunt reprezentate sub formă de grafic, numit foaia explorării. Fig. 242 reprezintă harta unei ase-

menea foi de explorare, care se întocmește, la explorarea premergătoare, la scara 1:5.000, iar la explorarea de detaliu, la scara 1:2.000. În ambele cazuri, principiul de întocmire este identic.

Cuprinsul foi de explorare la scara 1:2.000 este: rețeaua de reper, elementele de bază ale situației, și rețeaua de explorare. Lângă fiecare lucrare minieră de explorare, pe lângă numărul ei, se notează: adâncimea lucrării (în stânga), conținutul componentului util (în dreapta) și cota gurii lucrării miniere (jos). Adâncimea lucrării miniere se scrie cu tuș albastru, conținutul, cu roșu (pe fig. 242, 244 și 245, conținutul este dat în unități convenționale), restul, cu tuș negru.

Pe foile de explorare la scara 1:5.000 se scrie numai numărul direcției și numărul lucrării miniere. Alte informații cu privire la lucrările de explorare se notează pe locurile libere ale foi de explorare.

Scara celorlalte grafice geometrice miniere se determină prin gradul de detaliere al explorării.

La geometrizarea oricărui zăcământ, o mare importanță prezintă planul isoliniilor culcușului zăcământului. Aplicabil la zăcămintele de aluviuni, el este reprezentat prin graficul patului zăcământului sau prin baza lui. Acest grafic dă o imagine despre suprafața topografică a bazei zăcământului. La exploatarea zăcământului de aluviune prin dragare, o importanță mare are cunoașterea adâncimii de dragare în fiecare punct, în care scop se întocmește planul patului zăcământului de aluviune.

Cotele pentru trasarea acestei suprafețe se găsesc din expresia

$$H_r = H_g - h, \quad (6.8)$$

în care H_r este cota tălpii zăcământului;

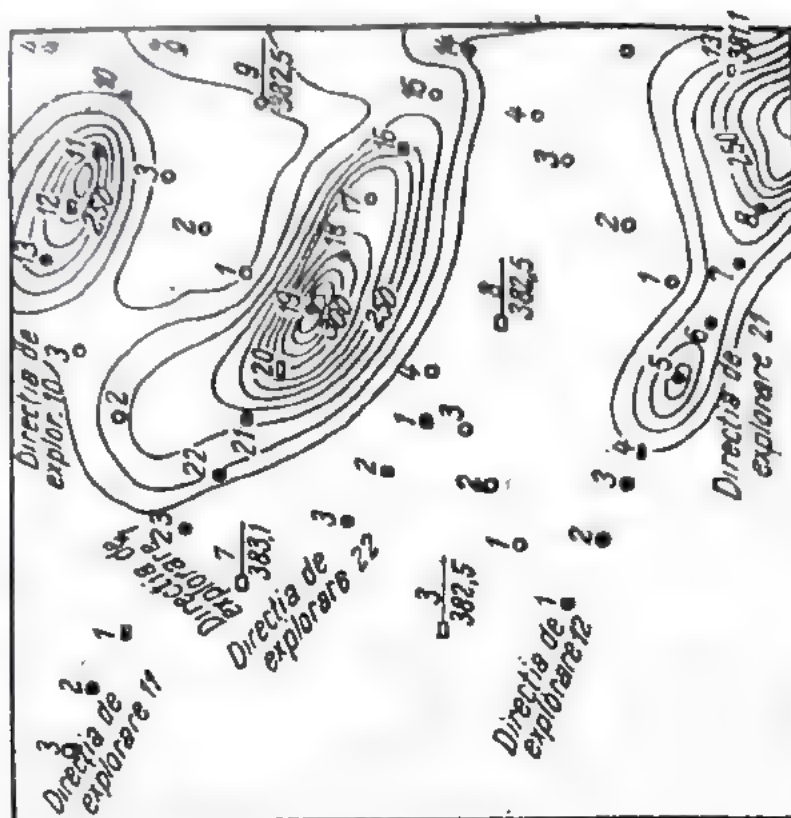
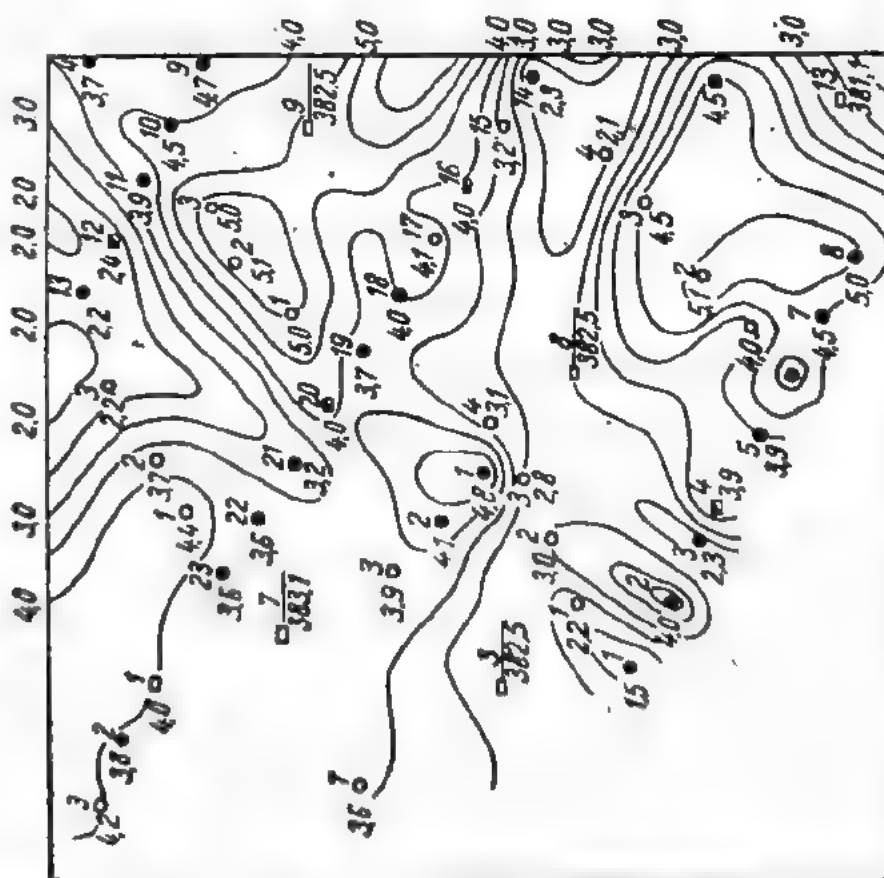
H_g — cota gurii lucrării de explorare;

h — adâncimea lucrării de explorare până la talpa zăcământului de aluviune.

Construcția planului de isolinii al patului zăcământului de aluviune se execută în conformitate strictă cu structura geologică a bazei zăcământului de aluviune.

Diferențierile petrografice și starea fizică a rocilor (clivaj, fisurare și alți indici) determină caracterul depunerii și al concentrării componentului util. Cele arătate prezintă importanță prin faptul că, componentul util, având o greutate specifică mare, se concentrează mai mult pe lângă baza zăcământului.

La exploatarea zăcămintelor de aluviune cu drage este important să se cunoască volumul depunerilor care conțin metalul supus ex-



tragerii și distribuția lui în limitele zăcământului de aluviuni. Aici, împărțirea grosimii depunerii în turbe și nisipuri n'are rost și deaceea, adâncimea de exploatare, stabilită prin lucrările de explorare, este cota pentru trasarea planului isogrosimilor depunerilor, care conțin metalul. Un astfel de plan pentru sectorul fig. 242 este reprezentat în fig. 243.

În prezența bazinelor de apă sau a haldelor pe locurile cu lucrări miniere de explorare, adâncimea de exploatare, în acest punct, variază corespunzător. În primul caz, se micșorează în funcție de adâncimea bazinului cu apă, iar în al doilea caz, se mărește în funcție de înălțimea haldei. Extinderea cotelor modificate nu depășește limitele conturului haldei sau a bazinului de apă. Echidistanța pentru curbele de nivel la scara 1:2000, se ia, de obicei, de 0,5 m și pentru scara de 1:5000, de 1,0 m.

Graficul sau planul conținutului volumetric al metalului dă o imagine a conținutului mediu în metal, pentru un metru cub de depunere. Datele inițiale pentru construirea isoliniilor acestui grafic sunt valorile conținutului mediu după fiecare lucrare de explorare. Valorile conținutului mediu se obțin prin calculul analitic, după datele de eșantionare, sau după curbele conținutului fiecărei lucrări miniere.

Graficul care caracterizează distribuția conținutului în zăcământul de aluviune se construiește cu ajutorul profilelor, care reprezintă curbele conținutului metalului, după direcțiile de explorare. Dacă este nevoie, curbele conținutului se uniformizează în limitele admisibile. Planul conținutului volumetric al metalului, pentru sectorul arătat mai sus, este reprezentat în fig. 244. Acest plan, împreună cu planul isogrosimilor, permite determinarea conturului exploatabil al poligonului de dragare. Construcția lui se bazează pe rentabilitatea exploatării și a adâncimii minime de dragare. Rezultă că construirea limitelor se poate face prin suprapunerea a două grafice: planul isogrosimilor depunerilor, care conțin metal și planul isoliniilor, cu conținut volumetric în metal. Intersecția isoliniilor acestor două grafice, acceptate ca inițiale (adâncimea minimă de dragare și conținutul volumetric minim exploatabil), dă o serie de puncte, a căror totalitate determină limita conturului exploatabil al poligonului de dragare. Precizarea limitei se face prin calculele economice și prin clasificarea posibilităților de exploatare a sectoarelor separate.

Imaginea de distribuție a masei metalului pe suprafața zăcământului de aluviune dă planul conținutului de suprafață (fig. 245), care este planul isoliniilor rezervelor liniare ale componentului util. Acest plan este necesar, mai ales în calculul rezervelor de metal.

Ca date inițiale pentru întocmirea acestui grafic se folosesc valorile numerice, obținute din produsul conținutului mediu de metal în lucrarea minieră, înmulțit cu adâncimea ei de exploatare. Pentru aceasta, s'ar putea înmulți două suprafețe topografice, planul isogrosimilor și planul de isolini al conținutului volumetric în metal și

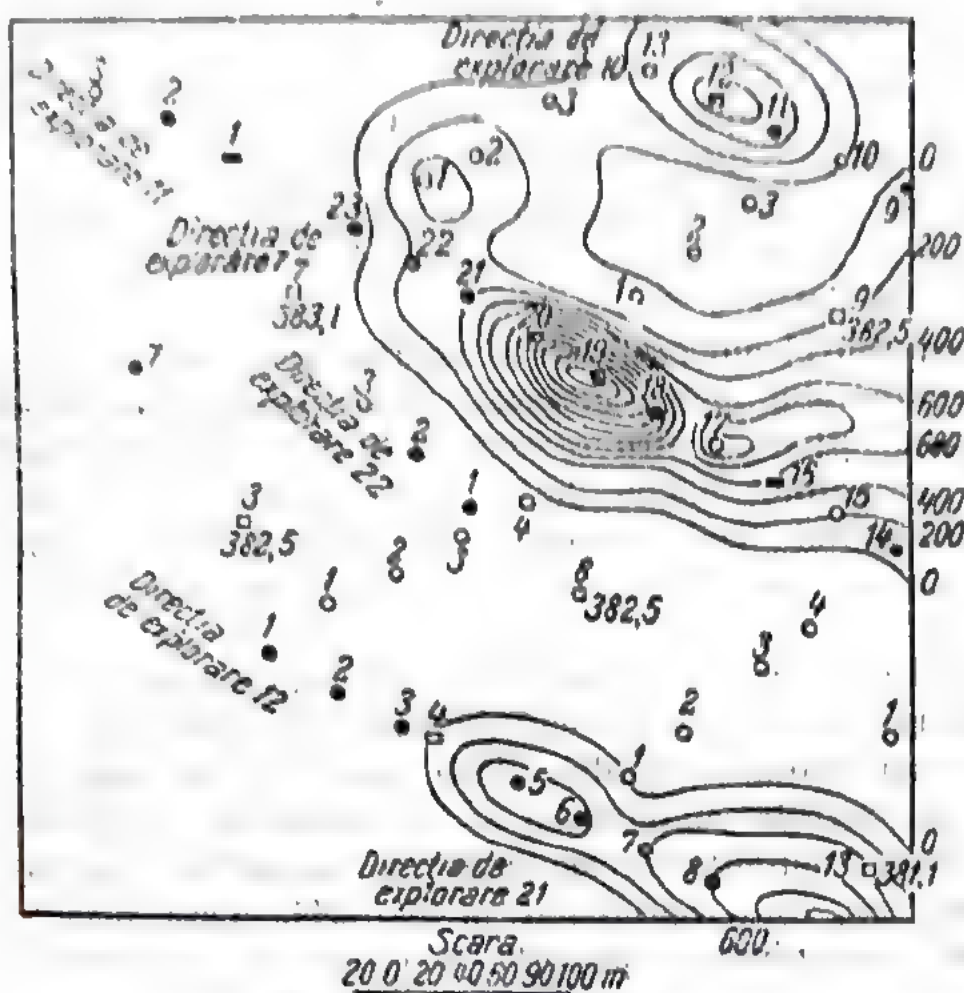


Fig. 245

se obține o suprafață rezultantă, adică planul isoliniilor de conținut de suprafață. În cazul dat, nu trebuie să ne îndepărtăm de valorile obținute real din lucrările de explorare. De aceea, produsele indicate trebuie să fie luate după lucrările miniere și folosindu-le să se construiască mai departe curba rezervelor liniare, după direcția de exploatare. Cea din urmă, se uniformizează după necesitate și se folosește pentru construirea suprafeței topografice căutate.

Suprapunând planul isoliniilor conținutului de suprafață, peste planul isoliniilor bazei zăcămintelor de aluviune, se pot obține indicații prețioase, cu privire la caracterul depunerii și al concentrației metalului în zăcămintul de aluviune.

§ 5. FOLOSIREA GRAFICELOR DE GEOMETRIE MINIERĂ ÎN PROCESUL DE EXPLORARE

Mai sus s'a subliniat valoarea operativă a informațiilor obținute în legătură cu zăcămintele în explorarea succesivă.

Organizarea justă a lucrărilor de explorare, la orice zăcământ, presupune folosirea tuturor datelor deja existente, cum și a celor obținute ulterior, în procesul explorării zăcământului, privind direcția și înclinarea sa. Pentru aceasta, rezultatele explorării trebuie să fie continuu interpretate geometric, pentru a dirija mai judicios lucrările ulterioare.

Imaginea în spațiu, măcar aproximativă, a condițiilor de zăcământ la fiecare fază a lucrării, micșorează posibilitatea trasării unor lucrări miniere de explorare, care nu pot fi folosite cu eficacitate în viitor.

Distribuția lucrărilor miniere de explorare în sectorul cercetat se determină de două direcții. Prima este direcția aflorimentelor zăcământului, care este limita naturală de existență a zăcământului, dela care n'are sens să se execute lucrările de explorare, iar a doua este direcția care unește punctele de adâncime maximă, la care se află zăcământul și până la care se pot face lucrările de explorare, cu mijloacele tehnice care sunt la îndemână. Astfel, direcțiile arătate sunt elementele geometrice, care determină limitele lucrărilor de explorare.

Prin urmare, întocmirea și folosirea la timpul potrivit a planurilor structurale în procesul de explorare este absolut necesară.

Pentru evidențierea celor de mai sus se va examina un exemplu din lucrarea prof. P. K. Sobolevski (38).

Fie în fig. 246 un plan topografic al sectorului, în care stratul de substanță minerală utilă aflorează în punctul M. În acest punct M s'a determinat direcția stratului MP și înclinarea sa MQ. Aceasta dă posibilitatea să se facă prima presupunere apropiată despre forma stratului și anume că el se prezintă ca o suprafață plană

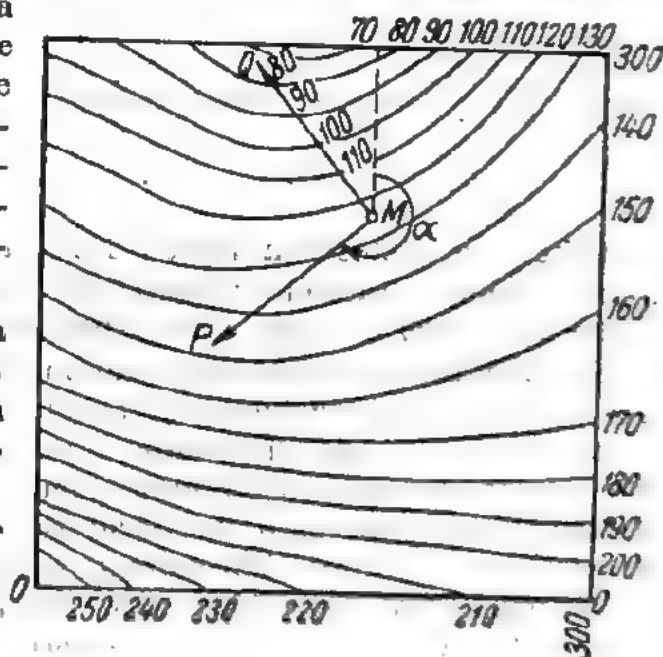


Fig. 246

Astfel, există la dispoziție planul stratului și suprafața topografică terestră a sectorului. Se construiește planul stratului în isohipse. Pentru aceasta, există elementele de înclinare și de direcție ale planului stratului (α și β), măsurate în punctul M și se construiesc isohipsele 80, 90...180 (fig. 247). Isohipsele sunt drepte paralele. Dreapta RQ este linia de pantă a stratului. Aceasta va fi așa numita primă ipoteză de lucru, asupra poziției stratului explorat. Folosind această

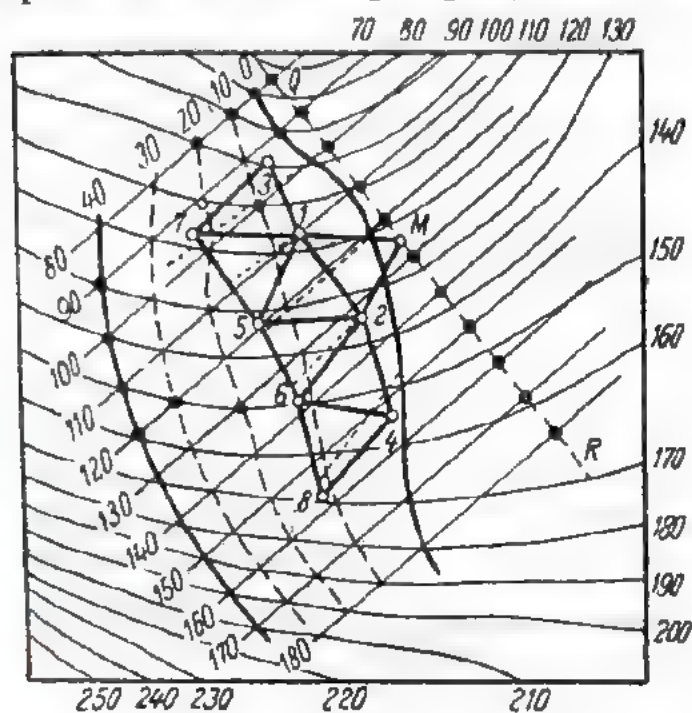


Fig. 247

ipoteză și harta topografică a sectorului, se construiește suprafața topografică, ce caracterizează adâncimile așezării stratului.

Pentru aceasta se determină diferențele cotelor în punctele de intersecții ale isohipselor stratului cu curbele de nivel ale terenului (fig. 247), și punctele de diferențe egale se unesc prin linii curbe. Se obțin liniile cu aceeași adâncime sau isoadâncimile 0, 10, 20, 30, 40.

Fie adâncimea egală cu 40 de unități, care, pentru condițiile tehnice

existente, este adâncimea limită. Isolinia cu valoarea zero este linia aflorimentului stratului. Rezultă că isoadâncimile 0—40 sunt limitele între care se poate duce explorarea stratului.

Folosind prima reprezentare apropiată a poziției stratului explorat (prima ipoteză de lucru) și făcând construcțiile necesare, se întocmește proiectul de distribuție a unităților de explorare, în limitele arătate. Se proiectează întâi punctele pe direcția aflorimentelor (1, 2, 3, 4), mergând spre interiorul sectorului astfel, încât lucrările să întâlnească stratul. Concomitent, se marchează o serie de puncte la adâncime mai mare (punctele 5, 6, 7, 8).

Având planul topografic al sectorului explorat, planul stratului de isohipse și planul sectorului în isoadâncimi, se pot calcula, în prealabil, adâncimile unităților de explorare, sau se determină coordonatele punctelor de intersecție cu stratul.

Deoarece calculele premergătoare au fost făcute în ipoteza că stratul este o suprafață plană, este inevitabil ca în executarea lucrărilor de explorare să se obțină alte date, adâncimile și cotele punctelor

de intersecție ale lucrărilor miniere cu straturi, diferite față de cele calculate, după prima ipoteză de lucru.

În baza noilor date, se modifică planurile de structură ale primei aproximații, planul stratului în isohipse și planul sectorului în isoadâncimi, reprezentate în fig. 247.

Această precizare s'a făcut în fig. 248. Aici, suprafața stratului se prezintă deja sub forma unei suprafețe topografice. Corespunzător se precizează planul sectorului în isoadâncimi și prin aceasta se precizează limitele în care trebuie să se execute explorarea, adică linia aflorimentului și linia adâncimii limită (accesibilă). Astfel, fig. 248 reprezintă prima ipoteză de lucru, corectată și constituie o a doua ipoteză de lucru. Folosind această ipoteză se poate proceda mai documentat la explorarea ulterioară. Din fig. 248 rezultă că, în baza datelor obținute, s'au trasat noi lucrări miniere de explorare (9, 10, 11, 12, 13) și s'a mărit triunghiul de explorare.

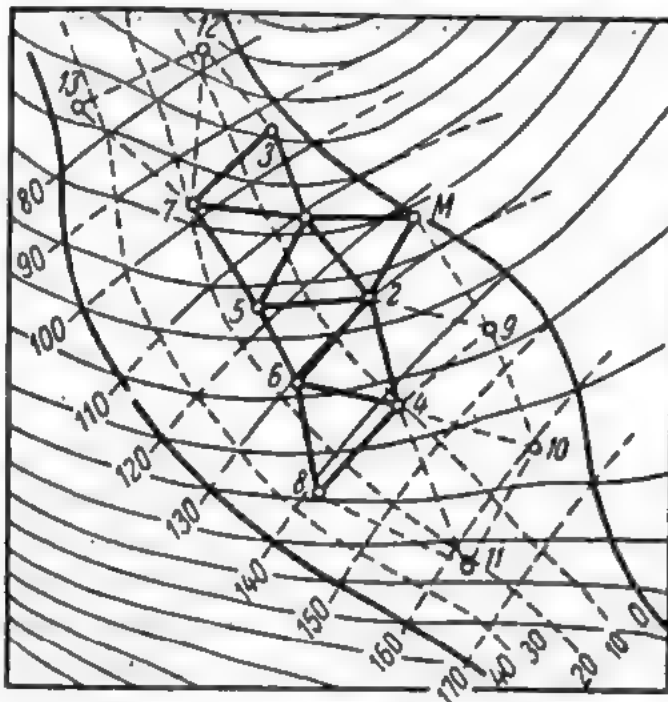


Fig. 248

Astfel, pe calea aproximațiilor succesive, se cercetează sectorul explorat cu precizia necesară, lucrările miniere de explorare executându-se mai economic, deoarece fiecare pas ulterior de explorare este legat de pasul precedent. Însă succesiunea expusă a executării explorărilor stingherește într-o măsură oarecare lucrările și volumul lor, mai ales în faza inițială.

Metoda expusă a întocmirii ipotezelor de lucru, la executarea lucrărilor de explorare a fost propusă de prof. P. K. Sobolevski, în anul 1900. Justătea regulilor inițiale ale acestei metode (principiul lucrărilor miniere de explorare) este evidentă. Însă această metodă n'a obținut o aplicare largă în practica explorării. În practică, se aplică mai mult metoda, care prevede distribuția unităților de explorare după rețele regulate sau, în orice caz, după direcții de explorare.

Aceasta se explică prin faptul, că ritmul explorărilor industriale, mai ales pe suprafețe noi, cere, deseori, executarea lor simultană și de mare amploare. Apariția posibilității de mărire a pro-

ductivității muncii pe seama mecanizării lucrărilor acoperă în parte majorarea volumului de lucrări, provocate de neaplicarea propunerilor prof. D. K. Sobolevski. Afară de aceasta, explorarea făcută după o rețea sau după direcțiile de explorare ușurează întocmirea secțiunilor documentate ale zăcămintului și simplifică aprecierea posibilităților de explorare, în vederea calculului rezervelor.

Cele expuse nu elimină deloc necesitatea folosirii permanente, în procesul de explorare, a planurilor de structură și, cu atât mai mult, nu neagă importanța propunerilor făcute de prof. P. K. Soboleski.

Aplicarea întocmai și completă a lor la explorările industriale, executate simultan, pe scară mare, în multe cazuri este îngreunată, însă la explorarea de exploatare ele îndeplinesc toate condițiile, pentru recunoașterea lor deplină.

§ 6. ANALIZA GEOMETRICĂ A TRANSPORTULUI PE GALERIE LA ALEGEREA LOCULUI PENTRU AMPLASAREA PUȚULUI

Folosirea planurilor de structură și a metodei isoliniilor la rezolvarea unor probleme de tehnică minieră, prin interpretări geometrice se poate arăta în exemplul rezolvării unei probleme particulare, în legătură cu alegerea amplasamentului puțului și anume la analiza geometrică a transportului de galerie. Metodologia generală a rezolvării unor asemenea probleme a fost elaborată de prof. P. K. Sobolevski. Aplicarea acestei metodologii în rezolvarea problemei alegerii locului de amplasare a puțului se poate găsi în lucrarea prof. D. N. Ogloblin (26).

Locul amplasării puțului este determinat printr'un număr mare de factori. Între ei locul important îl ocupă transportul substanței minerale utile în subteran.

Se tinde ca amplasamentul puțului să fie ales în limitele câmpului minier, iar lucrul efectuat cu transportorul să fie minim. Însă punctul ales ca favorabil transporturilor miniere poate fi astfel situat, încât din cauza condițiilor geologice sau topografice, amplasarea puțului să devină imposibilă. În acest caz, este evident că, în raport cu lucrările de transport subteran, trebuie să se aleagă locul cel mai bun, sau poziția cea mai optimă de amplasare a puțului. Pentru rezolvarea acestei probleme, trebuie să se cunoască volumul transportului subteran, în orice punct al câmpului minier. Pentru aceasta este destul să se obțină, pentru fiecare punct, valoarea transportului, atât pe direcție (galerii direcționale), cât și transversal (galerii transversale) și să se adune aceste valori. Se va analiza aici găsirea punctului optim și caracteristica lucrărilor de transport pe direcție.

Pentru rezolvarea problemei se va lua zăcămintul cu distribuția neuniformă a maselor, reprezentat în fig. 249, *a*, în isogrosimi. Distanța dintre secțiunile curbilor de nivel este de 1 m. Din desen este ușor de văzut, că masa mare a substanței minerale utile se găsește în partea stângă a zăcămintului.

Prin urmare, punctul minim al lucrărilor de transport se va deplasa, deasemenea, dola mijloc spre stânga. Astfel, planul de structură al zăcămintului (planul isogrosimilor) va constitui materialul inițial pentru rezolvarea problemei puse. Folosind acest plan, se găsește distribuția maselor substanței minerale utile, în sensul direcției zăcămintului. Pentru aceasta, se construiesc secțiuni verticale, paralele și echidistante ale zăcămintului, echidistanțe care, în diverse cazuri, se iau diferite, în funcție de complexitatea formei zăcămintului.

În cazul de față, secțiunile trecute pe plan sunt la distanță de 1 cm. Suprafața fiecărei secțiuni este proporțională cu masa zăcămintului, care revine pe unitatea de lungime a galeriei în punctul dat, adică S_1 este proporțională cu productivitatea galeriei în punctul 1, S_2 este proporțională cu productivitatea galeriei în punctul 2, etc. Rezultă că, construind în fig. 249, *b* în punctele 1, 2, 3, etc., ordonatele care sunt egale numeric cu suprafețele S_1, S_2, S_3 , etc. ale secțiunilor verticale, și unind vârfurile lor printr-o curbă, se obține așa numita curbă a productivității galeriei sau curba maselor, notată cu cifra 1. Ordonata curbei, în orice punct, caracterizează masa care revine la unitatea de lungime a galeriei direcționale, raportată la acel punct. Curba, în totalitatea ei, caracterizează distribuția maselor substanței minerale utile, pe direcția extinderii zăcămintului.

Punctul minim al transportului pe galeria direcțională se află pe direcția care împarte rezervele câmpului minier în jumătate. Pentru determinarea acestei direcții se construiesc două curbe integrale: curba maselor din partea stângă și curba maselor din partea dreaptă. În acest scop, se construiesc în punctele 1, 2, 3, etc. ale galeriei *AB* (fig. 249, *b*) ordonatele pentru ambele curbe, egale cu rezervele respective ale câmpului minier, amplasate în stânga și în dreapta, față de aceste puncte. De exemplu, pentru curba integrală a maselor din partea stângă, în punctul 1, rezerva este egală cu zero, prin urmare și ordonata curbei în acest punct este egală cu zero; în punctul 2, ordonata curbei este proporțională cu rezerva din partea stângă sau cu suprafața cuprinsă între abscisă și curba de productivitate a galeriei, situată în partea stângă a punctului 2, etc. În punctul *B*, ordonata curbei integrale a maselor din partea stângă va exprima întreaga rezervă a câmpului minier. În același mod, se construiește curba integrală a maselor din partea dreaptă. Ordonata ei în punctul *B* este egală cu zero, iar în punctul *A* este egală cu rezerva întreagă a

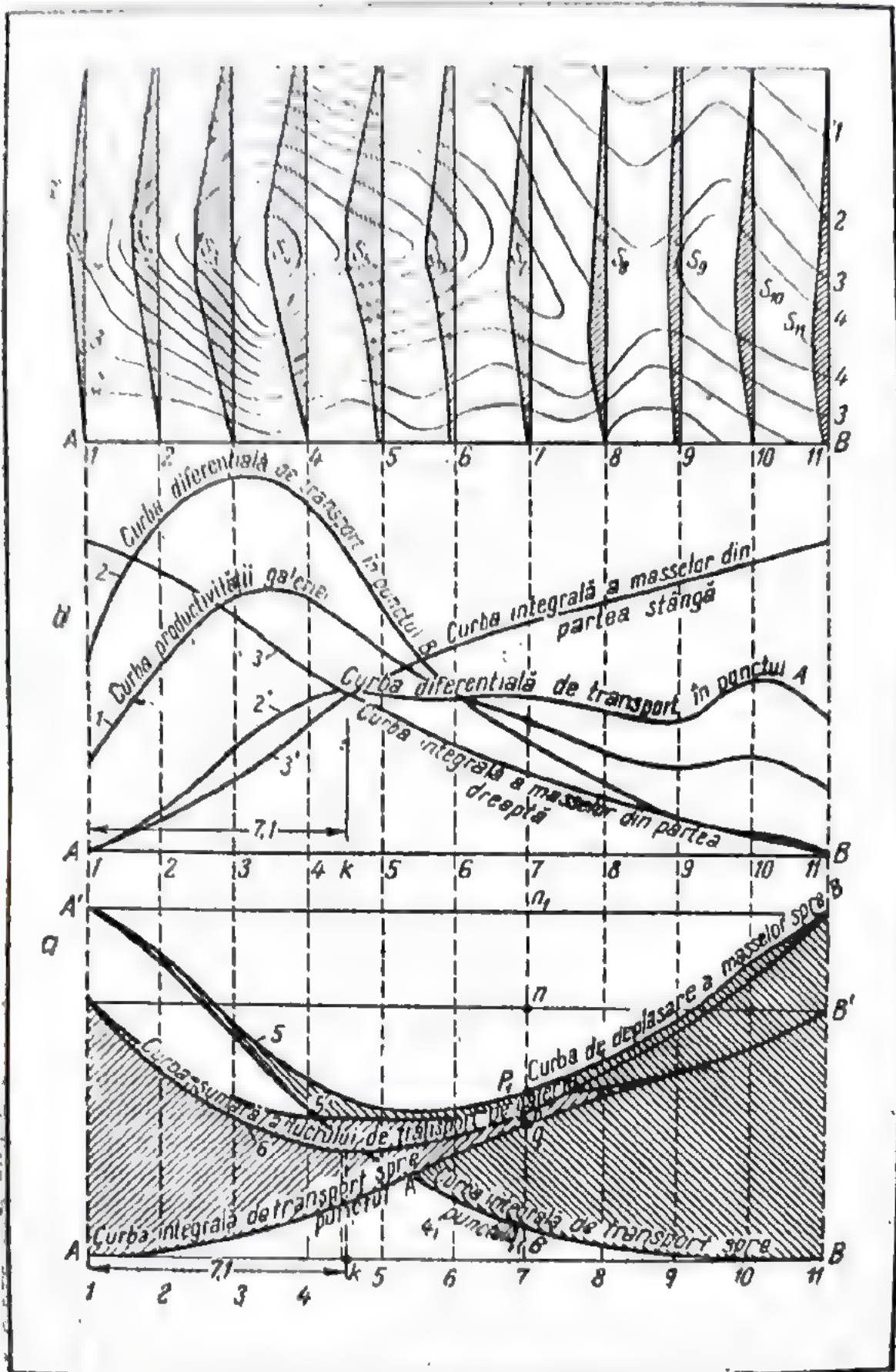


Fig. 249

minei. În figură, curba integrală de mase din partea stângă este însemnată cu 3', iar curba maselor din partea dreaptă, cu 3. Deoarece, în punctul k , ordonatele ambelor curbe sunt egale între ele (curbele se intersectează) rezultă că, în acest punct, rezerva din dreapta și cea din stânga sunt egale între ele, iar ordonata comună a curbelor (în punctul k) împarte în jumătate rezervele minei. Dacă s'ar cere să se găsească numai punctul de transport minim pe galerie, s'ar putea considera problema rezolvată. Din diferite cauze, amplasamentul puțului trebuie însă ales la dreapta sau la stânga punctului k ; în acest caz, este interesant să se aprecieze lucrul efectuat cu transportul pe galerie, pentru acest punct găsit. Folosind ordonatele curbei de productivitate a galeriei și distanțele lor până la punctele extreme A și B , se construiesc așa numitele „curbe diferențiale” ale lucrului de transport în punctele A și B . Ordonatele acestor curbe sunt proporționale, în orice punct (1, 2, 3, etc.), cu lucrul de transport al maselor, care revin pe unitatea de lungime a direcției, dela acel punct și până la punctele extreme A și B ; acest lucru de transport este egal cu produsul dintre ordonata curbei de productivitate a galeriei, în acest punct, și distanțele dela ordonată până la punctele extreme A și B ale câmpului minier.

În fig. 249, b curba diferențială a lucrărilor de transport către punctul A este însemnată cu cifra 2', iar curba diferențială de transport către punctul B , cu 2.

Pentru determinarea valorilor lucrului efectuat cu transportul pe galerie, în orice punct al intervalului AB , este necesar să se găsească, în fiecare punct, lucrul efectuat cu transportul încărcăturilor din dreapta și din stânga, adică trebuie să se cunoască, pentru fiecare punct al galeriei, volumul de transport din aripa dreaptă și din aripa stângă a zăcămintului. Această problemă poate fi rezolvată prin curbe integrale de transport pe galerie, și prin curbele deplasării maselor din partea dreaptă și din partea stângă, la baza construcției cărora stau curbele analizate mai sus.

Curbele diferențiale de transport servesc ca bază pentru construirea curbelor integrale ale transportului. Curba integrală a lucrului de transport pe galerie în punctul A se construiește după curba diferențială a lucrului de transport, pentru același punct. Ordonata primei curbe este proporțională, în orice punct (1, 2, 3, etc.) cu suma lucrului diferențial în intervalul dintre punctul dat până la punctul A , ceea ce se reprezintă, grafic, prin suprafața corespunzătoare a curbei diferențiale de lucru. Desigur că, în punctul A , lucrul efectuat cu transportul maselor din partea stângă este egal cu zero, iar în punctul B este egal cu transportul întregii cantități a maselor înspre punctul A .

La fel se construiește curba integrală a lucrului efectuat cu transportul în B , după curba diferențială de transport în acel punct. În fig. 249, c prima curbă integrală este însemnată cu cifra 4', iar a doua cu 4.

Pentru construirea curbelor de deplasare a maselor din partea dreaptă și stângă se folosesc curbele integrale ale maselor. Fiecare punct de pe galeria AB , împarte rezervele în rezerve de dreapta și de stânga. Dacă se iau, de exemplu, masele din dreapta pentru punctul 7 și se concentrează în acest punct lucrul efectuat cu deplasarea acestor mase concentrate în punctul A , se va exprima, grafic, prin ordonata curbei de deplasare a maselor de dreapta în punctul 7. Această ordonată se determină prin produsul maselor din dreapta cu distanța dela punctul dat până la poziția extremă din stânga a punctului A , iar pentru curba de deplasare a maselor din stânga, prin produsul maselor din stânga cu distanța dela punctul dat până la poziția extremă din dreapta a punctului B . Pentru ușurință, curbele de deplasare a maselor sunt construite dela nivelul ordonatelor maxime ale curbelor integrale corespunzătoare, prin așezarea ordonatelor mai jos decât nivelul indicat.

În fig. 249, c curbele de deplasare sunt însemnate cu 5' și 5. Să se analizeze concomitent curba integrală a lucrului efectuat cu transportul în punctul A și curba de deplasare a maselor din dreapta. În orice punct al galeriei, de exemplu în punctul 7, ordonata $7q$ a unei curbe este proporțională cu lucrul efectuat cu transportul maselor din stânga înspre punctul A , iar ordonata np a curbei a doua este proporțională cu lucrul efectuat cu deplasarea în același punct A al maselor din dreapta, care sunt concentrate în punctul 7. Ordonata BB' a curbei integrale a lucrului determină întregul lucru de transport al tuturor maselor înspre punctul A . Rezultă că segmentul pq este egal cu diferența dintre ordonata BB' și cu suma ordonatelor $7p$ și nq adică $pq = BB' - (7q + np)$ și aceasta exprimă lucrul la concentrarea maselor din dreapta înspre punctul 7, sau lucrul de transport al maselor din aripa dreaptă în acest punct.

În același mod, se obține, și pentru a doua pereche de curbe în punctul 7, segmentul care exprimă lucrul de transport pentru aripa stângă:

$$p_1q_1 = AA' - (7q_1 + n_1p_1)$$

Suma $pq + p_1q_1$ exprimă, desigur, întregul lucru de transport pe galerie al tuturor maselor în punctul 7.

La fel se calculează, pentru punctele 1, 2, 3, etc., ale galeriei, valorile lucrului întreg (complet) de transport și după ele, ca ordonate, se construiește așa numita: curba lucrului total de transport pe galerie. În fig. 249 c această curbă este însemnată cu cifra 6.

Minimul acestei curbe este punctul lucrului de transport minim pe galerie. Acest punct se află pe linia care împarte rezervele minei în jumătate, adică distanța Ak din fig. 249, *c* este egală cu distanța Ak din fig. 249, *b*.

Curba lucrului total de transport obținută permite să se determine lucrul de transport pentru orice punct al galeriei. Din cele expuse, se dămurește destul de complet valoarea și necesitatea folosirii planurilor structurale ale zăcământului și ale construcțiilor geometrice la rezolvarea problemei date.

§ 7. FOLOSIREA HĂRȚILOR DE STRUCTURA ȘI DE CALITATE LA DELIMITAREA SECTOARELOR DE EXPLOATARE ȘI PENTRU COMPUNEREA ȘARJEI

Caracteristica conținutului în minereu al componentilor utili și dăunători, sub forma planurilor de calitate este necesară în mai multe cazuri. Însă pentru unele substanțe minerale utile, industria pune explorării condiții speciale pentru studierea caracteristicii de calitate. În acest caz, rezultatele explorării trebuie să fie reprezentate prin planuri de structură și de calitate corespunzătoare, care să permită rapid, ușor și cu precizie suficientă, să se delimiteze sectoarele de explorare și să determine din ele, chiar după abataje separate, conținutul în substanță minerală utilă, pentru a planifica extracția materiei prime de o anumită calitate și pentru a determina din timp adăusele necesare, la compunerea șarjei.

Un minereu complex este bauxita. Bauxita se caracterizează prin conținutul componentului util de bază Al_2O_3 și prin prezența inevitabilă a Fe_2O_3 și SiO_2 . Cele din urmă sunt admisibile în anumite limite și raporturi, reglementate prin condițiile de calitate ale materiei prime. Hărțile calitative, care se întocmesc pentru zăcământ, în totalitate și în părțile lui componente, trebuie să dea caracteristica minereului, după componentele indicate.

Suprapunând trei suprafețe topografice, planele în isolinie ale componentilor indicați, se pot separa limitele sectoarelor de exploatare, după condițiile stabilite și se poate stabili ordinea de exploatare, care asigură minereul de calitate necesară, în raport cu compoziția sa chimică. De exemplu, minereul cu un conținut mare în Al_2O_3 și Fe_2O_3 trebuie să se amestece (pentru neutralizarea conținutului mare în fier prin bioxid de siliciu) cu minereul care are un conținut mai mic în Al_2O_3 .

O materie primă cu mulți componenți, care cere o atenție deosebită în ceea ce privește caracteristica calitativă a substanței minerale utile, este materia primă pentru ciment.

În acest caz (33) se pun o serie de condiții în ce privește compoziția șarjei, care se potrivește pentru fabricarea cimentului, de exemplu:

1. Modulul hidraulic principal (M), exprimat prin formula:

$$M = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \text{ trebuie să se cuprindă în limitele } 1,9-2,4.$$

2. tot atât de importantă este stabilirea raportului just între bioxid de siliciu, argilă și oxid de fier, deoarece acestea nu se unesc în același fel cu varul, și influențează în mod diferit procesul prizei. Deaceia, paralel cu modulul principal (M) se stabilesc încă două, modulul de silicați (S) și modulul de fier (P), exprimați prin formule:

$$S = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \text{ care nu trebuie să depășească limitele } 1,7-3,5$$

$$P = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} \text{ care nu trebuie să depășească limitele } 1,5-4,5;$$

3. o mare importanță pentru calitatea cimentului are conținutul de oxid de magneziu (MgO) din șarjă. Acesta din urmă, la prăjire, măbind gradul de topire, provoacă formarea intensă de sgură, și, intrând în reacție chimică cu SiO_2 , mărește higroscopicitatea soluției de ciment și micșorează rezistența lui cu atât mai mult, cu cât conținutul în oxid de magneziu este mai mare. Deaceia, cantitatea de MgO nu trebuie să fie mai mare decât 3%. Prin urmare, calcarele puternic dolomitizate și marnole nu pot intra în compoziția șarjei;

4. urmele de sulf sub formă de gips sau de pirită sunt admise numai în limitele standardului de 2,5%.

Răspunsul la întrebarea dacă un zăcământ sau altul al materiei prime pentru fabricarea cimentului îndeplinește condițiile arătate, îl dau lucrările de explorare. Explorările trebuie să conducă la întocmirea hărților calitative, care să caracterizeze conținutul următorilor componenți: SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , MgO și Fe_2O_3 , cum și raportul lor reciproc. Deaceia, la zăcămintele de acest fel, elementul determinant de cercetare nu va fi atât forma zăcământului, cât stabilirea componenților de bază ai substanței minerale utile și, mai ales, MgO .

Graficele modulelor se vor obține ca o suprafață topografică rezultantă, după efectuarea operațiilor matematice necesare cu o suprafață topografică de plocare, caracterizată prin componenți separați.

Comparând isoliniile hărților calitative obținute se va rezolva cu mai mult succes problema delimitării sectoarelor de exploatare.

Compoziția șarjei după graficele isoliniilor se efectuează în baza uneia dintre formulele care determină raporturile greutateilor de marnă și a calcarelor, care se introduc în șarjă, de exemplu:

$$x = \frac{(2,8\text{SiO}_2K_n + 1,65\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,35\text{Fe}_2\text{O}_3) - \text{CaO}}{\text{CaO} - (2,8\text{SiO}_2K_n + 1,65\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,35\text{Fe}_2\text{O}_3)}$$

unde numărătorul expresiei este pentru marnă, iar numitorul, pentru calcar; K_n coeficientul de saturație, obținut pe cale experimentală, este egal cu 0,95.

Pentru fiecare lucrare minieră (analizată) eșantionată, pentru fiecare strat, se poate calcula valoarea numărătorului și a numitorului expresiei arătate și, folosind aceste valori, să se traseze în isolinii două suprafețe, una pentru marnă și cealaltă pentru calcar, care dau posibilitatea să se execute calculul șarjei.

Fie după graficul isoliniilor numitorului formulei prezentate mai sus, valoarea în limitele blocului egală cu 42,8.

Valoarea medie a numărătorului aceleiași expresii este, pentru blocul de marnă, egală cu 54.

Prin urmare, raportul de greutate a marnei și a calcarului se va găsi din expresia:

$$x = \frac{54}{42,8} = 1,26.$$

Folosind raportul obținut, se pot găsi, plecând dela grosime, greutatea volumetrică ale marnei și ale calcarului, dimensiunile blocurilor în ambele strate, a căror exploatare va asigura șarja de conținutul cerut.

PARTEA A PATRA

CALCULUL REZERVELOR DE SUBSTANȚE MINERALE UTILE SOLIDE

CAPITOLUL VII

PROBLEMELE GENERALE ALE CALCULULUI REZERVELOR

§ 1. CONSIDERAȚII GENERALE

Studiul zăcămintelor de substanțe minerale utile se desăvârșește prin evaluarea lor. Unul dintre elementele esențiale de evaluare este calculul rezervelor. Calculul rezervelor, în condițiile gospodăriei socialiste, este supus cerinței de bază a evidenței stricte a averii poporului: bogăția subsolului și exploatarea lui rațională să fie în interesul economiei naționale. Calculul rezervelor reprezintă, din punct de vedere tehnic, determinarea, cu un oarecare grad de precizie a cantității și a calității substanței minerale utile, care se găsește în interiorul zăcămintului. În cele ce urmează se va referi numai la calculul zăcămintelor solide.

Cantitatea totală a substanței minerale utile în interiorul zăcămintului se numește rezervă geologică.

Partea rezervelor geologice ale zăcămintelor, care prezintă interes în starea actuală a tehnicii și a economiei, după indicii săi de calitate și de cantitate, și după folosirea lor în industrie, se numesc *rezerve industriale* (de bilanț). Stabilirea acestora constituie fondul de bază al calculului rezervelor.

Calculul rezervelor se face în scopul de:

- a) evaluare a zăcămintului și justificare a proiectului întreprinderii;
- b) motivare a devizelor de exploatare și a cheltuielilor de exploatare și de investiții;
- c) evidența mișcării rezervelor și planificarea producției;
- d) executarea calculelor practice la exploatarea zăcămintului.

Rezervele explorate ale substanței minerale utile a fiecărui zăcământ, pe baza calculului lor, în raport cu importanța zăcământului, sunt aprobate de Comisia Unională a rezervelor (BK 3) sau de Comisia Raională (teritorială) a rezervelor (TK 3).

Accastă aprobare reprezintă evaluarea oficială a valorii industriale a zăcământului și servește ca bază legală la proiectarea întreprinderii în totalitate, sau pentru amplificarea ei.

Rezultatele calculului rezervelor se dau în unități de volum sau de greutate. Unitățile uzuale sunt: m^3 , tona, iar pentru metale rare, kg.

Toate mărimile care intră în calcul se exprimă în sistemul metric.

Rezervele se calculează pe întregul zăcământ și pe diferite sectoare parțiale ale sale. Ultima este dictată de necesitatea împărțirii rezervelor în categorii și grupe, după gradul studierii lor, condițiile de zăcământ, proprietățile substanței minerale utile, pregătirea, producția, și de alți indici.

§ 2. CLASIFICAREA REZERVELOR DE SUBSTANȚE MINERALE UTILE SOLIDE

Împărțirea rezervelor de substanțe minerale utile pe grupe și pe categorii, după unii sau alți indici, se numește clasificarea lor. Sau elaborat multe clasificări în diferite perioade de timp. Pentru stabilirea principiului unic de calcul și de evidență a rezervelor de zăcăminte a substanțelor minerale utile solide în U. R. S. S., este valabilă o singură clasificare, care servește ca bază de îndrumare pentru toate instituțiile și întreprinderile în toate fazele de lucru, în legătură cu pregătirea folosirii industriale a substanțelor minerale utile.

Se dau mai jos criteriile generale și tabela clasificării indicate (14).

1. PRINCIPIILE GENERALE DE CLASIFICARE

A. Bazele clasificării

1. Clasificarea rezervelor de substanțe minerale utile solide stabilește principiile unice de calcul al rezervelor subterane. Clasificarea determină gradul în care sunt studiate zăcămintele substanțelor minerale utile, cantitatea, calitatea și formele de zăcământ ale diferitelor feluri de substanțe utile. Clasificarea stabilește importanța categoriei rezervelor, pentru uz industrial.

2. Fiecare categorie se determină printr'un complex de indici caracteristici. Neconcordanța unora dintre ei nu permite să se încadreze rezerva la categoria care este satisfăcută de ceilalți indici.

3. După gradul de studiu, rezervele zăcămintelor de substanțe minerale utile se împart în trei categorii, *A*, *B*, *C*, cu subdiviziunile A_1 și A_2 pentru categoria *A*; C_1 și C_2 pentru categoria *C*; categoria *B* nu are subdiviziuni.

4. Aplicarea clasificării rezervelor la diferite forme ale substanțelor minerale utile este determinată prin instrucțiuni speciale corespunzătoare.

În instrucțiuni se arată:

a) noțiuni despre grupă, tipul (felul) zăcămintului și particularitățile explorărilor;

b) indici și condiții care caracterizează diferite categorii de rezerve.

B. Principii de calcul și de evidență a rezervelor în subteran

1. Clasificarea prevede calculul și evidența rezervelor substanței minerale utile, care se află în subteran, fără a ține seamă de pierderile din timpul exploatării și al prelucrării.

2. Conturul rezervelor se determină după date de explorare, date geofizice și considerații geologice.

3. Caracteristica zăcămintului în totalitate și a substanței minerale utile izolate se dă în starea sa naturală, adică grosimea și calitatea substanței minerale utile trebuie să se determine prin grosimea reală a corpului și prin calitatea reală a substanței minerale utile, fără a se calcula diluarea cu sterilul în timpul exploatării.

4. Rezervele substanțelor minerale utile, care nu pot intra în exploatare în starea actuală a tehnicii și a economiei se numesc „*rezerve neexploatabile*“.

C. Caracteristicile categoriilor de rezerve

Categoria A. Din această categorie fac parte rezervele de substanțe minerale utile, care sunt studiate din punctul de vedere al proprietăților tehnologice și al tipului geologic. Studiul proprietăților tehnologice prevede clarificarea completă a modului de utilizare a substanței minerale utile, în industrie.

Pentru raportarea rezervelor la subdiviziunea A_1 , se cere studiul calității tuturor sorturilor și tehnologia prelucrării lor, pe scară industrială.

Pentru raportarea rezervelor la subdiviziunea A_2 , se cere studiul calității substanței minerale utile și a tehnologiei prelucrării, care

trebuie să fie executată cu probe tip medii globale, pe scară semi-industrială.

Categoria B. Pentru raportarea rezervelor de substanțe minerale utile la această categorie, pe lângă formele naturale, trebuie să fie evidențiate și sorturile industriale ale substanței exploatare.

Scoaterea în evidență a sorturilor industriale prevede rezolvarea problemei posibilităților folosirii substanței minerale utile date în industrie și stabilirea prealabilă a tehnologiei prelucrării substanței minerale utile.

Pentru a trece rezerva la categoria B, afară de analizele chimice și petrografice, trebuie făcute studii de laborator asupra calității și tehnologiei de prelucrare a substanței minerale utile, cu probe tip.

Destinația industrială a rezervelor din categoria B se precizează de Comisia rezervelor, la aprobarea calculului rezervelor.

Categoria C. Calitatea substanței minerale utile se stabilește după probe separate, iar în cazul când nu există îndoieli, prin analogie cu substanțele minerale utile, studiate din zăcămintele asemănătoare. De obicei, tehnologia se stabilește aproximativ, după compoziția substanței extrase și după exemple de preparare a materiei prime asemănătoare.

Pentru raportarea rezervelor la subdiviziunea C_1 , trebuie să se cerceteze un număr mic de probe din zăcămintele, pentru care se face calculul.

Pentru raportarea rezervelor la subdiviziunea C_2 , se cer numai considerații geologice și, numai pentru raioane și zăcămintele noi, se fac cercetări parțiale ale eșantioanelor substanței minerale utile.

Mai departe, în baza regulilor generale de clasificare, expuse în tabela 20, se arată caracteristica gradului de explorare, a studiului și a scopului industrial al rezervelor, aplicabile la categoria de rezervă, acceptată în clasificare.

Tabela 20

Clasificarea rezervelor zăcămintelor de substanțe minerale utile solide

Categoria rezervelor	Gradul de explorare și de studiere al rezervelor	Destinația industrială a rezervelor
Categoria A A_1	Rezervele sunt pe deplin determinate și eșantionate la conturarea corpului substanței minerale utile prin lucrări miniere. Studiul calității și al tehnologiei prelucrării s'a făcut pe scară industrială.	Pentru justificarea planificării industriale a lucrărilor industriale de exploatare.

Tabela 20 (continuare)

Categoria rezervelor	Gradul de explorare și de studiere al rezervelor	Destinația industrială a rezervelor
A₂	Rezervele explorate și eșantionate detaliat, puse în evidență prin lucrări miniere, prin sondaje sau prin combinarea lor. Studiul calității și al tehnologiei prelucrării substanței minerale utile s'a făcut după probe tip.	Pentru justificarea proiectelor tehnice și a lucrărilor de investiții. În cazuri corespunzătoare, deasemenea pentru planificarea industrială a lucrărilor de exploatare
Categoria B	Rezervele sunt determinate destul de precis cantitativ, prin explorări. Forma corpurilor și distribuția tipurilor naturale ale substanței minerale utile sau tehnologia prelucrării nu au fost destul de bine puse în evidență.	La întocmirea sarcinilor de proiectare, iar în cazul prezenței unei cantități de rezerve A, pentru proiectele tehnice și pentru justificarea lucrărilor de investiții în construcții, cum și la proiectarea lucrărilor detaliate de explorare și de exploatare. Rezervele zăcămintelor de substanțe minerale utile cu formă sau cu o distribuție complexă, se folosesc independent la întocmirea proiectelor tehnice și la justificarea lucrărilor de investiție în construcție.
Categoria C₁	Rezerve probabile, care sunt vecine cu sectoarele explorate și se găsesc după limitele care conturează rezervele de o categorie superioară, cum și rezervele probabile după aflorimente, după desvelirile naturale și artificiale și după datele geofizice. Rezerve puțin explorate, cu o distribuție a componentilor neregulată și foarte complexă. Substanța minerală utilă a fost eșantionată în puncte distincte.	La întocmirea planurilor industriale în perspectivă și la investiții pentru cercetări geologice, iar pentru metale rare, aur și staniu, la întocmirea proiectelor.
Categoria C₂	Rezervele zăcămintelor separate și rezervele probabile ale unui grup de zăcămintele ale zonelor mineralizate, care se determină după ipoteze geologice.	Pentru planificarea de perspectivă în economia națională și pentru planificarea lucrărilor de explorare geologică.

Mai sus s'a arătat că aplicarea criteriilor generale, indicate pentru clasificarea rezervelor, față de tipuri separate ale substanțelor minerale utile, se face cu ajutorul instrucțiunilor speciale. În legătură cu aceasta se expun mai jos, pe scurt, dispozițiile generale ale acestor instrucțiuni și condițiile de clasificare a rezervelor cu referire la zăcămintele de cărbuni, minerouri și cele aluvionare.

2. CLASIFICAREA REZERVELOR ZĂCĂMINTELOR CARBONIFERE

a) Indici comuni de raportare a rezervelor în categorii și subdiviziuni

Categoria A. La subdiviziunea A_1 se raportează rezervele în următoarele condiții (14):

1. rezerva trebuie să fie conturată cu lucrările miniere de pregătire;
2. cantitatea rezervelor, grosimea și structura stratelor, hipsometria culcușului, compoziția litologică și caracteristica tehnică minieră a rocilor acoperișului și culcușului, calitatea cărbunelui și distribuția tipurilor naturale după proprietățile tehnologice au fost bine determinate la conturarea și eșantionarea cărbunelui, prin lucrări miniere.

Raportarea rezervelor lor la subdiviziunea A_2 cere îndeplinirea următoarelor condiții:

1. conturarea rezervei prin lucrări de explorare;
2. stratele trebuie să corespundă condițiilor date, prin grosime și calitate;
3. stabilirea compoziției cărbunelui, a greutatei volumetrice și a altor proprietăți, după probe tipice medii brute pe scară semiindustrială;
4. determinarea destul de exactă a dimensiunilor stratelor de cărbune, după secțiunile geologice;
5. cunoașterea regularității de variație a grosimii, calității și structurii stratelor de cărbune;
6. stabilirea caracteristicii litologice a rocilor din culcus și din acoperiș și a variațiilor lor fundamentale;
7. cunoașterea elementelor tectonice de bază ale condițiilor de zăcămint ale stratelor carbonifere și influența acestor factori asupra condițiilor tehnice miniere de exploatare;
8. cunoașterea condițiilor hidrogeologice în măsură suficientă, pentru elaborarea măsurilor de luptă cu apele subterane;
9. existența hărților hipsometrice ale culcușului stratului carbonifer, care asigură proiectarea lucrărilor miniere de pregătire.

Categoria B. Rezervele care se raportează la această categorie trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

1. rezerva trebuie să fie cuprinsă în conturul lucrărilor de explorare, sau trebuie să fie în fașia vecină, la conturul de categorie A;
2. stratele de cărbune trebuie să corespundă, după grosimea, structura și calitatea cărbunelui, condițiilor acceptate în prealabil;
3. calitatea cărbunelui și posibilitățile de folosire industrială a cărbunilor trebuie să fie stabilite în concordanță cu condițiile cerute la eșantionarea lor. Sorturile tehnologice ale cărbunilor pot fi puse în evidență prin cercetări chimico-tehnologice, cum și prin studiul petrografic;
4. este necesară stabilirea limitelor posibile de variație a grosimii stratelor, stabilirea caracterului variației structurii lor, cum și scoaterea în evidență a elementelor tectonice fundamentale. Faliile mici și cutarea

suplimentară pot fi reprezentate schematic. Sinonimia generală a stratelor de cărbune trebuie să fie complet stabilită. Legătura stratelor la intervale separate ale secțiunii poate fi determinată prin deducție;

5. după secțiunile distincte ale sondelor ,trebuie să fie puse în evidență orizonturile cu apă, fără ca orizonturile separate să fie legate exact după secțiune. Debitul apelor subterane poate fi calculat aproximativ, după datele observațiilor în sondele de explorare.

Afară de cele arătate ,pentru omologarea rezervelor de categoria A și B, este obligatorie prezentarea condițiilor stabilite, în ce privește calitatea cărbunelui, grosimea și structura stratelor carbonifere.

Categoria C. La subdiviziunea C_1 , se raportează rezervele care îndeplinesc următoarele condiții:

1. calitatea cărbunelui este insuficient studiată și determinată, după probe separate, luate din sondaje sau din lucrări miniere scurte;

2. tectonica sectorului, sincronizarea stratelor carbonifere și alți factori geologici s'au determinat în baza considerațiilor geologice generale pentru întregul zăcământ, și confirmate de observațiile obținute prin lucrările miniere de explorări, în număr redus și din aflorimente.

Afară de aceasta, aici se raportează:

1. rezervele în limitele blocurilor ,legate de blocurile rezervelor de categorie superioară, până la limitele admise de extrapolare sau de considerente geologice;

2. rezervele care, numai după unul dintre indici, nu îndeplinesc condițiile de raportare la categorie superioară.

La subdiviziunea C_2 se raportează rezervele stratelor de cărbune, care n'au fost deschise în sectoarele explorate, cum și rezervele blocurilor adiacente la blocuri de categorie superioară, în limitele neconfirmate prin materialul geologic existent.

Pentru zăcămintele, raioane și bazine noi, se raportează la subdiviziunea C_2 rezervele stabilite pe baza cartării generale a raioanelor sau a bazinelor, cu cercetarea suprafețelor separate prin secțiuni de reper, care caracterizează prezența cărbunilor. Cantitatea rezervei este determinată aici, după suprafața extinderii depunerilor carbonifere și după coeficientul conținutului în cărbune. Acest coeficient se stabilește după suprafețe de reper și valorile obținute se raportează la întreaga suprafață, care se include în calcul.

b) Condițiile generale care se impun la eșantionarea cărbunilor în legătură cu repartizarea rezervelor la diferite categorii

Pentru caracterizarea calității cărbunelui se cercetează compoziția elementară a cărbunelui și se determină următorii indici:

- a) umiditatea (W) în combustibilul de lucru și de laborator;
- b) conținutul în cenușă (A) în combustibilul de lucru și în cărbunele absolut uscat;
- c) conținutul în materii volatile (v) în masa de combustie;
- d) conținutul în sulf (S) în combustibilul absolut uscat;
- e) cocsul rezultat (K) din combustibilul de laborator și de lucru;
- f) puterea calorică (Q) în combustibilul de lucru, de laborator și în masa de combustie.

Dacă conținutul în cenușă din cărbune este mai mare decât condiția admisibilă stabilită, atunci la calculul rezervelor se anexează schema de îmbogățire a cărbunilor.

În cazul structurii complexe a stratelor și al existenței lucrărilor miniere de exploatare, datele de eşantionare după sondaje se compară cu eşantionarea cărbunelui produs.

La caracterizarea cărbunilor pentru cocsificare, semicocsificare și hidrogenare, se anexează și cercetarea lor macroscopică și microscopică, pentru stabilirea legăturii dintre compoziția petrografică și proprietățile cărbunilor. Aceste rezerve se separă totdeauna de cantitatea totală a rezervelor. Repartizarea rezervelor la subdiviziunea *A*2 într-o serie de cazuri și la categoria *B*, cere stabilirea conținutului în praf și în gaze, cum și stabilirea autoinflamabilității cărbunelui. La calculul rezervelor cărbunilor energetici, se stabilește zona cărbunelui degazeificat, iar pentru cărbuni destinați folosirii în industria de cocsificare și chimică, se stabilește zona cărbunelui oxidat.

Toate lucrările miniere de explorare, care pot da probe de valoare completă sunt supuse unei eşantionări obligatorii, iar cercetarea calității cărbunelui se face în mod complex, în raport cu destinația cărbunelui.

În cazul prezenței lucrărilor miniere, se dă o caracteristică completă a condițiilor tehnice miniere de exploatare: compoziția litologică, stabilitatea și comportarea rocilor din acoperiș și din culcușul stratelor de cărbune, prezența faliilor mici și influența lor asupra exploatării.

Pentru strate de cărbune groase și de structură complicată, destinate exploatării la zi, se dau condițiile stabilite după grosime, structura stratului și calitatea cărbunelui. Afară de aceasta, în acest caz trebuie să se dea caracteristica litologică și fizico-mecanică completă a rocilor acoperitoare și din culcușul stratelor de cărbune.

c) Gruparea zăcămintelor de cărbuni

Principalele zăcăminte de cărbuni, care sunt supuse cercetării, după indicii geologici mai caracteristici și după factorii minieri de exploatare mai importanți, se împart convențional în următoarele cinci grupe tipice:

Grupa I. Zăcăminte care au forma de strat sau de lentilă și au înclinarea aproape orizontală. Ca exemplu poate fi dat bazinul din apropierea Moscovei.

Grupa II. Zăcămintele uneori dislocate complicat, cu strate care-și mențin bine grosimea și calitatea pe suprafețe însemnate, sau care variază după o regularitate, care permite stabilirea acestor factori. Se deosebesc două subtipuri, tipul IIa, al cărui reprezentant tipic este bazinul Doneț, și tipul IIb, al cărui reprezentant poate fi bazinul Karaganda.

Grupa III. Zăcămintele dislocate, uneori foarte puternic, cu strate constante, a căror grosime atinge, parțial, dimensiuni mari. Reprezentantul acestui tip este bazinul Kuznețk.

Grupa IV. Zăcămintele cu o tectonică și structură complicată a stratelor de cărbune, care au o variație bruscă a grosimii, a calității și a structurii. Reprezentantul este raionul cărbunilor brunți din Celeabinsk.

Grupa V. Zăcămintele dislocate excepțional de puternic, cu dese variații de grosime ale stratelor și ale proprietăților cărbunelui, condiționate de un metamorfism intens. Reprezentantul caracteristic al acestui tip este zăcămintul dela Suciansk.

O caracteristică mai completă a condițiilor naturale, a metodologiei de explorare și a condițiilor de repartizare a rezervelor la diferite categorii, aplicabile la tipuri indicate, poate fi prezentată sub forma următoare:

1. strate exploatabile stabile, care mențin grosimea exploatabilă în limitele raionului;

Grupa I. Particularitățile acestui tip sunt: strate slab ondulate sau aproape orizontale. Stratele au o grosime considerabilă, se prezintă sub forma zăcămintelor stratiforme sau lenticulare, care au tendința de efilare, de îngroșare și de ramificare. Variația structurii și a grosimii stratelor de cărbune din aceasta grupă se produce treptat. Rocile din intercalații sunt friabile. În majoritatea cazurilor, adâncimea la care se află stratele de cărbune este neînsemnată. Metoda lucrărilor de explorare este de tipul unic, adică o explorare prin sondaje, amplasate după o rețea geometrică regulată și destul de densă. Exploatarea zăcămintelor de acest fel se efectuează prin puțuri de producție mică sau mijlocie. Cărbunile se întrebuințează ca combustibil energetic.

Subdiviziunea A_2 reprezintă rezerva conturată prin sondaje sau prin lucrări miniere, studiată și eșantionată. Condițiile hidrogeologice sunt complet lămurite. Pentru zăcămintele stratiforme, desimea rețelei este acceptată de 250—350 m. La zăcămintele lenticulare, distanța dintre sonde se micșorează până la 150—250 m. La desimea indicată, sondele nu clarifică suficient curbele hipsometrice ale culcușului stratului și din această cauză, determinarea direcțiilor galeriilor principale de transport se precizează prin explorarea de exploatare. Explorarea trebuie să asigure lămurirea completă a condițiilor hidrogeologice. Toate sondele se eșantionează și analiza se execută în funcție de destinația cărbunelui.

Categoriei B îi aparțin rezervele explorate prin sondaje, a căror desime pentru zăcămintele stratiforme se ia de 350—750 m, iar pentru zăcămintele lenticulare, de 250—500 m. Eșantionarea sondelor se face cu analizarea tehnică și elementară completă a probelor și cu determinarea extracției reziduurilor primare. Rezervele fâșiei dintre conture se determină prin interpolare după sondaje, pentru limita conturului grosimii neexploatabile.

Pentru repartizarea rezervelor, la subdiviziunea C_2 , se cere o desime a rețelei de explorare de 750—1000 m, cu eșantionarea sondelor. Caracteristica hidrogeologică se face pe baza datelor observate în lucrările miniere de explorare. Rezervele fâșiei dintre conture pot fi obținute prin extrapolare.

Grupa II. Tipul IIa — Bazinul Doneț. Este caracteristic tipul paralel al concentrării depunerilor carbonifere cu a masivelor de cărbuni, care mențin, pe distanțe însemnate, structura și grosimea lor. Grosimea productivă de cărbuni, are orizonturi stratigrafice distincte, confirmate prin faună.

Stratele de cărbuni sunt strânse în cute, mai intens la extremitățile bazinului. Cutele sunt complicate prin falii. Grosimea stratelor exploatabile variază de la 0,4 la 1,5 m și mai rar până la 2 m. Cărbunile este reprezentat prin toate felurile de cărbuni, de la cărbuni cu flacăra lungă, până la antracit. Calitatea cărbunelui variază după direcție. Stratele conțin gaze, care uneori, sunt sulfuroase. Debitul de apă nu prezintă o piedică în exploatare. Explorarea se face mai ales prin sondaje. Lucrările miniere de explorare au o importanță subordonată și se aplică la eșantionarea zăcămintelor cu conținutul variabil al cărbunelui de masă, cum și la zăcămintele noi, care sunt destul de depărtate de cele exploatate. Explorarea detaliată se face în baza hărții geologice la scară mare, de obicei la 1/5000 și mai rar 1/10 000.

Subdiviziunii A_2 îi aparțin rezervele care au fost explorate mai ales prin sondaje. În acest caz, desimea sondelor se admite diversă, în funcție de deranjamentele și de stabilitatea stratelor. Clasificarea celor din urmă se stabilește pe baza studierii geologice detaliate a stratelor. Pentru tipul IIa stratele se împart după indicele arătat în patru subgrupe:

2. strate exploatabile relativ stabile, cu structura variabilă la apariția intercalațiilor sterile sau schimbând grosimea exploatabilă într-o direcție sau alta;

3. strate exploatabile nestabile, cu tendința spre pierderea grosimii exploatabile sau a mărimii numărului intercalațiilor sterile. Acestei sub grupe aparțin stratele, care se găsesc la limita grosimii exploatabile;

4. strate cu grosimi exploatabile accidentale. Grosimea exploatabilă se întâlnește în limitele sectoarelor separate. Corespunzător, limitele distanțelor dintre sonde, pe direcție, pentru grupele indicate, se iau de, 1500, 1000, 500 și 250 m.

În anumite cazuri, se admite extrapolarea dela frontul lucrărilor miniere.

La raportarea rezervelor la subdiviziunea A_2 , trebuie puse în evidență în mod satisfăcător elementele tectonice, hipsometria stratelor și caracteristica acoperișului și a culcușului pentru proiectarea lucrărilor de pregătire de bază.

Lucrările miniere de explorare trebuie să fie eșantionate iar condițiile hidrogeologice trebuie lămurite cu destulă precizie, pentru proiectarea și calcularea evacuării apelor.

Categoriei B îi aparțin rezervele explorate mai ales prin sondaje, sau obținute prin extrapolare peste limitele subdiviziunii A_2 .

În funcție de stabilitatea stratelor, se admit următoarele distanțe între punctele de explorare, după direcția stratelor: stabile — 3000 m, relativ stabile — 2000 m, nestabile — 1000 m și pentru strate cu grosimea exploatabilă accidentală — 500 m.

Extrapolarea se admite numai pentru primele două sub grupe, la distanța care nu depășește $1/5$ din distanța dintre sondele pe direcție. Sinonimia stratelor de cărbune și elementele tectonice de bază trebuie să fie studiate, zăcămintele care conțin apă trebuie stabilite, iar eșantionarea trebuie să fie executată în concordanță cu condițiile generale expuse mai sus.

Subdiviziunii C_1 îi aparțin rezervele sectoarelor și ale zăcămintelor explorate cu o rețea rară de sondaje, sau rezervele alăturate blocurilor cu rezerve de categorie superioară obținute prin metoda extrapolării. Calitatea cărbunelui s'a stabilit după analiza sondelor separate și în baza hărții chimice a cărbunelui, după datele generale caracteristice ale raionului. Condițiile hidrologice sunt stabilite după datele ridicării generale hidrologice.

Categoriei C_2 îi aparțin rezervele din raioane și zăcăminte distincte, stabilite după coeficientul de conținut în cărbune, sau rezervele alăturate conturului blocului subdiviziunii C_1 , cum și rezervele stratelor distincte, a căror destinație industrială nu a fost clasificată și grosimea stratelor s'a luat convențional.

Tipul II b. Bazinul Karaganda. Aici aparțin stratele de cărbuni de vârstă Carboniferului, având uneori o structură complicată, și grosimi însemnate. Grosimea și structura se mențin pe distanțe mari. Particularitățile petrografice ale cărbunilor permit identificarea stratelor după spor și alți indici. Grosimea stratelor exploatabile variază dela 0,60 la 8,00 m. Stratele de cărbuni se caracterizează prin constanța relativă a sortimentului în zăcămintele separate, însă sunt variabile după conținutul în cenușă.

După stabilitate, stratele se împart în stabile (k_{10} , k_{11}) și relativ stabile (toate celelalte strate).

După gradul de dislocare al masivului de cărbune, zăcămintele bazinului Karaganda se împart în trei subgrupe:

a) cu suprafețe de construcție geologică simplă (sectorul industrial în limitele lui vechi);

b) cu suprafețe de construcție geologică complexă, cu cutare complementară și cu dislocări puternice disjunctive (partea vestică a sectorului industrial, sectorul Baransk);

c) suprafețe puternic dislocate prin falii (sectorul vestic din raionul Ciurubai-Nurlinsk).

Debitul de apă al suprafețelor de cărbune este mic și nu prezintă greutatea în ce privește executarea lucrărilor de exploatare. Debitul mare de apă îl prezintă masivul din acoperiș, care la deschiderea zăcămintelor, creează uneori greutatea. Explorările se fac prin sondaje cu carotaj, iar în locuri de mică adâncime, prin puțuri și șanțuri de explorare. Exploatarea zăcămintelor se face prin puțuri verticale, mai rar, înclinate, de producție mare sau mijlocie. La exploatarea orizonturilor superioare ale stratelor groase, au loc lucrări de exploatare la zi.

Cărbunele nelimbogăsit este întrebuințat în industrie și în transport ca materie primă energetică, cel limbogăsit se cocsifică. Caracteristica generală arătată a tipului permite clasificarea rezervelor, cu respectarea următoarelor condiții:

Pentru subdiviziunea A_2 trebuie să fie precis stabilită sinonimia stratelor. Secțiunile geologice se bazează pe lucrări miniere, astfel încât nu lasă posibilitatea ivirii diferitelor variante de exploatare.

Trebuie puse în evidență: structura sectorului și elementele principale tectonice, care caracterizează așezarea stratelor; deasemenea trebuie să fie puse în evidență grosimea și structura stratelor. Calitatea cărbunilor a fost stabilită după lucrările miniere de explorare, sau din exploatarea vecine. Eșantionarea stratelor trebuie să asigure caracteristica faliilor stratelor, după sorturile de cărbuni. Regimul hidrogeologic și alte condiții de tehnică minieră au fost lămurite din lucrările miniere de explorare și de exploatare în măsură suficientă, pentru proiectarea minelor. Îndeplinirea condițiilor arătate, în ce privește lucrările miniere de explorare, este asigurată prin desimea celor din urmă, determinată de intervalele dintre direcțiile de explorare: la o structură simplă a sectorului, 1000 m, la o structură complicată 500 m, și pentru sectoare dislocate prin falii puternice, 250 m. Pentru strate relativ stabile, numărul sondelor intermediare se mărește până la lămurirea completă a variației structurii lor, iar la reducerea grosimii stratului, sub grosimile exploatabile minime, până la conturarea sectorului grosimii exploatabile.

Pentru raportarea rezervelor la categoria B, se cere lămurirea structurii sectorului și a stratelor, a calității cărbunelui și a condițiilor tehnice miniere de exploatare în măsură suficientă, pentru întocmirea sarcinii de proiectare. Aceasta se asigură prin următoarele intervale între direcțiile de explorare și existența sondelor de control intermediare, 2000 m în sectoare simple, 1000 m în sectoare complicate și 500 m în sectoare puternic dislocate și faliolate.

Pentru strate stabile se admite extrapolarea la $\frac{1}{4}$ din distanța dintre direcțiile de explorare. În toate celelalte cazuri, raportarea rezervelor la categoria B, nu admite extrapolare.

Subdiviziunii C_1 îi aparțin rezervele pentru care sinonimia stratelor de cărbuni s'a stabilit aproximativ, iar elementele fundamentale de structură ale sectorului au fost scoase în evidență în linii generale, astfel încât permit să se traseze planul de deschidere al sectorului, iar grosimile stratelor de cărbuni variază în limitele condițiilor stabilite.

Calitatea cărbunelui s'a determinat după sondaje, iar condițiile hidrogeologice, după materialele ridicării hidrologice generale. Ca urmare, distanța dintre direcțiile de explorare, în prezența sondelor de control intermediare, se ia după cum urmează: sectoare simple — 3000 m; sectoare com-

plicate — 2000 m și puternic deranjate prin falii, 1000 m. Extrapolarea se admite la $\frac{1}{4}$ din distanțele arătate.

Subdiviziunii C_2 îi aparțin rezervele sectoarelor distincte și ale raioanelor enumerate, după coeficientul de conținut în cărbune, rezervele alădate la conturul blocurilor de categorie superioară (C_1) și rezervele stratelor distincte, ai căror indici industriali n'au fost lămurii.

Grupa III. Bazinul Kuznețk. Depunerile carbonifere ale blocurilor Paleogenului superior din bazinul Kuznețk se deosebesc prin grosime mare, care atinge, pentru fiecare succesiune de strate de cărbuni, câțiva kilometri, și printr-o saturație excepțional de mare în strate de cărbuni a masivului carbonifer, care ajunge în unele raioane, până la 14%.

Dintre stratele de cărbune, multe ating grosimea de 14—16 m. Stratele de cărbune au o constanță care cu toate că este diferită, se menține relativ uniformă, pe suprafețe însemnate.

După calitatea lor se întâlnesc toate felurile de cărbuni, dela cărbuni cu flacără lungă până la antracit. În unele cazuri (suita Kolciughin), în ce privește sortimentul, stratele sunt relativ stabile, prezentând o scădere regulată a gradului de carbonizare, în sensul așezării stratelor, dela cele inferioare spre cele superioare. În alte cazuri (suita Balahonsk), carbonizarea variază în cursul acelorasi strate pe direcție ca și transversal pe aceasta, cum și prin creșterea generală a substanțelor volatile, dela stratele inferioare spre cele superioare.

Masivul carbonifer se deosebește prin uniformitatea compoziției litologice și prin lipsa orizonturilor distincte, ceea ce îngreunează paralelizarea orizonturilor mai mult sau mai puțin îndepărtate între ele și stabilirea sinonimiei stratelor de cărbuni. Cea din urmă poate fi executată destul de sigur numai după complexul stratelor de cărbuni și al rocilor înconjurătoare. Depunerile carbonifere sunt puternic dislocate, începând cu forme cutate, plane, liniștite, (partea centrală și medie a bazinului) până la strate cutate brusc, dislocate prin falii mici și mari (partea periferică a bazinului). Uneori, masivul carbonifer este atât de frământat și de dislocat din cauza faliilor, încât condițiile de așezare ale stratelor de cărbune, cum și rezervele de cărbune din strate nu pot fi clasificate cu precizia necesară prin lucrări miniere de explorare, pentru a putea fi repartizate categoriilor superioare, chiar la o desime mare a punctelor de explorare.

Sectoarele exploatabile se împart, după gradul de dislocare, în trei subgrupe:

1. sectoare cu tectonică liniștită (calmă) unde au loc structuri calme mai ales cele cutate orizontal, nedislocate prin falii sau foarte puțin afectate de falii;

2. sectoare cu tectonică complicată, caracterizate prin dezvoltarea structurilor cutate, mari și mici, complicate prin falii de diferite forme și dimensiuni;

3. sectoare cu tectonică foarte complicată, dislocate de o rețea de falii mari și mici, însoțite de deformațiile stratelor de cărbuni (strangulări, umflări, deplasări de falii, sfărâmarea cărbunelui și alte fenomene).

După stabilitate, stratele de cărbune se împart, deasemenea, în trei subgrupe și anume: 1. stabile, 2. relativ stabile și 3. nestabile.

Primei subgrupe îi aparțin stratele care mențin bine particularitățile structurilor la variația grosimii, care nu depășește 25%. Stratele au o grosime destul de mare și, în limitele sectorului cercetat, nu au grosimi apropiate de grosimea minimă exploatabilă.

Subgrupeii relativ stabile îi aparțin strate a căror variație de grosime atinge 50%, însă la aceasta nu se întâlnesc grosimi inferioare, grosimi minime exploatabile. Acestei grupe îi aparțin și stratele cu structură com-

plicată, care, deși mențin grosimea medie a masivului de cărbune, au un număr variabil de pachete de strato de cărbune și de intercalații de roce sterile.

Subgrupeii a treia îi aparțin strato cu variații puternice în ce privește grosimea și structura, care parțial nu sunt exploantabile în limitele sectorului cercetat, din cauza micșorării grosimii, a diluării cu rocă sterilă sau din cauza înlocuirii cărbunelui prin gisturi cărbunose.

Debitul de apă nu împiedică exploatarea. Însă, în sectoare acoperite cu depuneri afânate, puternic acvifere, săparea puțurilor întâmpină greutăți mari. Condiția esențială care complică exploatarea este dislocarea așezării stratelor prin falii și greutatea găririi părților deplasate ale stratelor, provocate de particularitățile masivului carbonifer.

Tendința cărbunilor la autoaprindere mai ales în stratele foarte groase prezența gazelor și a prafului, sunt caracteristice bazinului.

Pierând dela caracteristica generală a bazinului, expusă mai sus, și menținând condițiile clasificării rezervelor în vigoare, rezervele se repartizează la o categorie sau alta, în următoarele condiții.

Pentru repartizarea rezervelor la subdiviziunea A_2 , se cere ca ele să fie explorate prin sondaje și să fie situate în interiorul conturului, construit cu lucrări miniere de explorare. Pentru aceasta trebuie ca la toate sectoarele cu o tectonică calmă și în funcție de stabilitatea stratelor, distanța dintre direcțiile de explorare să nu fie mai mare decât: a) la strato stabile 1000 m —, b) la strato relativ stabile — 500 m și c) la strato nestabile — 250 m. Pentru sectoarele care aparțin după structura tectonică subgrupelor a doua și a treia, desimea rețelei de explorare, în comparație cu cea arătată, se mărește până la gradul care va asigura lămurirea detaliilor tectonice.

Pentru repartizarea rezervelor la categoria B, în sectoare cu o tectonică calmă, distanța dintre direcțiile de explorare se dublează, corespunzător cu intervalele care se iau la repartizarea rezervelor subdiviziunii A_2 . Afară de aceasta, se admite extrapolarea peste conturul interior cu $1/4$ din intervalul ales pentru categoria dată. În sectoarele cu o tectonică complicată sau foarte complicată, rețeaua de explorare se întinde până la gradul care asigură stabilirea sinonimiei straturilor și a elementelor de bază ale tectonice.

Subdiviziunii C_1 îi aparțin rezervele alăturate conturului rezervelor din categoria B, cum și rezervele explorate printr-o rețea de explorare mai rară, sau stabilită după desvelirile naturale sau artificiale puțin numeroase.

Subdiviziunii C_2 îi aparțin rezervele zăcămintelor raioanelor distincte, calculate după conținutul coeficientului în cărbune, sau rezervele alăturate conturilor rezervelor din subdiviziunea C_1 .

Grupa IV. Bazinul Celeabinsk. Pentru acest bazin sunt caracteristice următoarele particularități fundamentale: stratele de cărbuni ating o grosime însemnată și au o structură complicată. Deseori, stratele se împart în pachete separate și se efilează. Stratele au o amplasare întreruptă în interiorul depunerilor carbonifere. Masivul carbonifer este adunat în cuto și este complicat prin recutări mărunte și prin falii.

Rocele înconjurătoare se deosebesc printr-o succesiune deasă a stratelor, printr-o variație rapidă a conținutului litologic al secțiunii și prin treceri reciproce treptate dela variațiile argiloase la cele nisipoase, ceea ce îngreunează punerea în evidență a orizonturilor indicatoare. Cel mai sigur orizont indicator al masivului carbonifer este reprezentat prin stratele de cărbuni.

Variația grosimii și a structurii stratelor distincte, se face neuniform, la o asilare generală regulată și la ramificarea stratelor de cărbuni.

Explorarea prin sondaje nu permite să se stabilească comportarea intercalațiilor separate de cărbuni și de roce, în interiorul stratelor de cărbuni.

groase și complexe. Aceste date se obțin prin explorarea de exploatare. Calitatea și cantitatea cărbunelui din strata separate se stabilește destul de bine prin sondaje de explorare. Eroarea cea mai mare în determinarea rezervei și a conturului ei, are loc în zona de esilaro a stratelor.

Masivul de cărbune este reprezentat mai ales prin două varietăți de cărbuni, cu un conținut în cenușă în limitele condiționale și cu conținutul ridicat în cenușă. Ultima varietate are o răspândire mai mare în părțile extreme ale zăcămintelor.

În condițiile date, pe baza corințelor generale de împărțire a rezervelor în categorii, subdiviziunii A_1 și aparțin rezervele, explorate prin rețea, cu desimea caracterizată prin intervale între lucrările miniere de explorare de 75—200 m. și între direcțiile de explorare, până la 500 m. În părțile extreme ale zăcămintului, distanța dintre direcții se micșorează până la 125—250 m. Se păstrează desimea indicată a punctelor de explorare din subdiviziunea A_1 și pentru stabilirea rezervelor din interiorul conturului, construit după lucrările miniere de explorare și de exploatare în limitele aceluși plan al cotei, ale cărei caracteristice au fost urmărite pe direcție.

Pentru raportarea rezervelor la categoria B, desimea rețelei punctelor de explorare se determină prin intervale: între lucrările miniere, pe linii de 125—250 m. și între linii de 500—1.000 m.

Subdiviziunile C_1 și C_2 se evidențiază în concordanță cu indicațiile generale ale instrucțiunilor pentru zăcămintele carbonifere.

Grupa V. Sucean. Pentru acest bazin sunt proprii următoarele particularități fundamentale. Zăcămintele sunt puternic dislocate. Atât tectonica plicativă, cât și cea disjunctivă sunt exprimate foarte clar. Stratele de cărbuni, ca orizonturi, se mențin, însă sunt variabile după grosime și calitate. Cele din urmă depind, în mare măsură de condițiile de zăcămint. Masivul de cărbune, după planurile de slăbire, este întretăiat de rocele eruptive, prin apariția metamorfismului de contact. Cărbunii sunt reprezentați prin diverse mărci, de la cărbunii cu flacără lungă, până la antracit. Calitatea cărbunelui, în limitele unui și aceluiași strat, variază atât pe direcție, cât și pe înclinare. Debitul de apă nu împiedică exploatarea. În timpul ploilor mari de vară, trebuie să se ia măsuri preventive contra inundării lucrărilor miniere de apele dela suprafață.

Particularitatea structurii tectonice a zăcămintului cere: 1. la explorarea orizonturilor superioare, paralel cu alte metode de lucrări de explorare, să se execute și lucrările miniere de explorare; 2. stabilirea contactului dintre rocele eruptive și cele sedimentare, prin metoda geofizică; 3. executarea la minele în exploatare a lucrărilor de explorare înaintate în cărbune, în direcția lucrărilor miniere de pregătire. Variația rapidă a calității cărbunelui pretinde o rețea comparativ deasă a eșantionării stratelor de cărbune.

Subdiviziunii A_2 îi aparțin rezervele, explorate prin sondaje, șanțuri, puțuri de explorare, cu aplicarea lucrărilor miniere de explorare, pentru eșantionare.

Prin urmare, grosimea stratelor, calitatea cărbunelui și condițiile de exploatare în orizonturile superioare trebuie să fie puse în evidență printr-o exploatare de încercare, iar în adâncime, prin sondaje. Aci, distanța dintre sonde, transversal pe direcție, nu trebuie să fie mai mare ca 250 m, pentru stratele stabile și ca 100—150 m, pentru celelalte strate.

Paralelizarea stratelor și structura zăcămintului se stabilesc prin urmărirea stratelor principale de cărbuni pe direcție, prin puțuri de explorare săpate la intervale de maxim 50 m, iar transversal prin sondaje la distanță de 250 m, prin linia puțurilor de explorare, la fiecare 500 m și linia sondajelor la fiecare 250 m.

Pentru repartizarea rezervelor la categoria *B* se cere ca conturile rocilor eruptive să fie stabilite prin cercetări geofizice, iar stratele de cărbuni să fie urmărite pe direcție prin puțuri de explorare, la intervale de maxim 100 m, și transversal pe direcție, prin sondaje la interval de maxim 500 m.

Rezervele de categoria *B* determinate și cu datele rezervelor de categoria *A₂*, vecine, nu pot depăși lungimea de 100 m pe înclinare. Rezervele subdiviziunii *C*, cer urmărirea prin lucrări miniere de explorare pe aflorimentele stratelor de cărbuni principale, la intervale care nu depășesc 300 m. Desimea rețelei sondajelor poate fi determinată prin intervalul dintre cele din urmă până la 1 km. Subdiviziunea *C₂* se pune în evidență în același fel, ca la alte tipuri de zăcămintele carbonifere.

3. CLASIFICAREA REZERVELOR ZĂCĂMINTELOR DE SUBSTANȚE MINERALE UTILE METALIFERE

- a) Gruparea zăcămintelor metalifere după factorii naturali, care determină metoda lucrărilor de explorare și condițiile de clasificare a rezervelor

Grupa I. Zăcămintele de dimensiuni mari, de formă simplă, cu conținut uniform al componentului, pot fi explorate prin sondaje, cu desimea normală a rețelei de sonde, până la subdiviziunea *A₂*; lucrările miniere se fac numai pentru controlul datelor eșantionării sondajelor și pentru culegerea probelor tehnologice, în obiective explorate din nou.

Proiectele tehnice și lucrările de investiții se execută numai pe baza rezervelor de categoria *A*.

Acestei grupe îi aparțin zăcămintele de minereuri de fier și de mangan de tipul celor din Kerci și Ciatur, zăcămintele stratiforme din Krivoi Rog, stratele de bauxită și zăcămintele de minereuri de cupru din Djezkazgan.

Grupa II. Zăcămintele de dimensiuni mari de formă diferită, uneori complicată, cu neuniformitate în distribuția componentului util. Rezervele din categoria *A₂* pot fi stabilite numai cu condiția, ca rețeaua de sonde să fie pronunțat îndesită, iar lucrările miniere să participe în mod obligator. Lucrările de foraj, cu desimea normală a rețelei de sonde, se permit la explorarea rezervelor de categoria *B*, dacă zăcămintul a fost explorat prin lucrări miniere, cel puțin în punctele de separare a zonelor primare și secundare. Combinarea forajului cu lucrări miniere prezintă cea mai bună metodă de explorare și de omologare a zăcămintului, pentru scopurile proiectării.

Proiectele tehnice și lucrările de investiții se întocmesc pe baza rezervelor de categoria *B*, numai în prezența unei cantități mici de rezerve de categoria *A*. Acestei grupe îi aparțin majoritatea zăcămintelor de pirită din Urali, zăcămintele de cupru și zăcămintele polimetalice din munții metalici din Altai, cum și alte zăcămintele analoage.

Grupa III. Zăcămintele de forme diferite, cu distribuția neuniformă a componentului util. Rezervele categoriilor *A* și *B* pot fi puse în evidență, numai cu ajutorul lucrărilor miniere, cu distanțe normale între lucrările miniere de pregătire și de exploatare a corpurilor de minereu. În cazul unei mineralizări puternice și uniforme sau a unei mineralizări complicate neuniforme, scopul lucrărilor de sondaje se reduce la punerea în evidență a rezervelor de categoria *C₁* și în unele cazuri, a celor de categoria *B*.

Întocmirea proiectelor și a lucrărilor de investiții se admite numai în baza sumei rezervelor de categoria *A₂ + B + C₁*; rezervele *A₂* și *B* asi-

gurând producția pe cel puțin un an a întreprinderii proiectate. Grupei a treia îi aparțin unele zăcămintele filonice aurifere, caracterizate prin dimensiunile destul de mari ale câmpurilor miniere, zăcămintele de volfram și de molibden și zăcămintele polimetalice de formă complicată, puternic dislocate prin falii.

Grupa IV. Zăcămintele care, după compoziție și distribuția componentului util, sunt asemănătoare cu zăcămintele din grupa III, se deosebesc de această grupă numai prin dimensiunile mici ale corpurilor de minereu și prin formă mai complicată. Explorarea pentru categoria A_2 devine, în cele mai multe cazuri, imposibilă. Rezervele de categoria B pot fi determinate numai prin lucrări miniere de pregătire, explorarea prin sondaje fiind aplicată numai pentru evaluarea rezervelor generale de perspectivă, de categoria C_2 și, parțial, de categoria C_1 , ținând seamă de datele rezultate din lucrările miniere de pregătire.

Proiectele tehnice și lucrările de investiții se întocmesc în baza rezervelor B și C_1 , cu condiția ca rezervele de categoria B , să asigure cantitativ producția anuală. Grupei IV îi aparțin zăcămintele de staniu de tipul Kalbia orientală, Onin și zăcămintele aurifere complexe.

Grupa V. Zăcămintele sub formă de cuiburi de dimensiuni mici. Explorarea sistematică pentru determinarea rezervelor de categoria A și B este de obicei imposibilă. Numai o parte din rezerva C_1 se omologhează, iar cea mai mare parte din rezerva de perspectivă rămâne în categoria C_2 . Explorarea prin sondaje obișnuite și în unele cazuri forajul subteran au ca scop să limiteze aproximativ zonele de mineralizare posibile, sau să găsească direct cuiburile distincte, care se exploatează imediat. Condițiile naturale impun începerea executării exploatării și a lucrărilor de investiție ale zăcămintelor de acest tip, la un nivel foarte redus de cunoaștere a rezervelor. Lucrările de investiții sunt foarte riscante. Reprezentantii caracteristici ai acestei grupe sunt minele de smaragde și cuiburile de platină din Urali.

Aici, rezerva de categoria A nu se împarte în A_1 și A_2 .

b) Clasificarea rezervelor și condițiile de repartizare la categorii a grupelor puse în evidență prin lucrări de explorare

Categoria A. Acestei grupe îi aparțin:

rezervele de zăcămintă din prima grupă, puse în evidență prin sondaje, prin lucrări miniere sau prin combinarea acestora;

rezervele zăcămintelor din grupa II, puse în evidență prin lucrări miniere sau în combinație cu sondaje;

rezervele zăcămintelor din grupa III, cuprinse în conturul de interpolare dintre lucrările miniere;

rezervele zăcămintelor din grupa IV și V, la distanță normală între lucrările miniere, nu pot fi repartizate la categoria A.

Pentru a clasifica rezervele la subdiviziunea A_2 este absolut necesar să se îndeplinească următoarele condiții:

1. Cunoașterea în fiecare bloc a formaj corpului de minereu, a distribuției tipurilor naturale și a sorturilor condiționate ale volumului și ale tonajului de minereu, cu precizia suficientă începerii exploatării.

2. Existența datelor complete cu privire la compoziția minereurilor. Clasificarea raporturilor calitative ale minereurilor filonice, distribuția lor, structura și textura minereurilor, caracterul concreșterilor și dimensiunile agregatelor și ale grăunțelor.

Caracteristica compoziției chimice a minereurilor și variația ei după toți componenții utili și sterili. Existența datelor cu privire la compoziția rocilor mineralizate din culeuș și acoperiș și la distribuția metalelor valoroase după componenți minerali aparte (nichel în sulfuri și silicați, fier în magnetită, etc.).

3. Existența unei caracteristici tehnologice complete după datele cercetărilor de laborator și semiindustriale, care asigură întocmirea proiectului de preparare sau de tratament metalurgic.

4. Punerea completă în evidență a factorilor naturali, care determină condițiile de executare a lucrărilor miniere de exploatare, inclusiv duritate, gradul de fisurare și rezistența minereului și a rocilor incluse, a elementelor de zăcământ, a tectonicei, a debitului și a afluenței apelor subterane în lucrările miniere.

5. Conturarea fiecărui panou în parte, din patru sau trei laturi sau, în cel mai rău caz, urmărirea lui pe două laturi prin lucrări miniere, pe toată grosimea corpului de minereu, la distanțe, între lucrările miniere, care să nu depășească pe cele normale. Dacă panoul este deschis prin lucrări miniere pe direcție și înclinare, și nu pe toată grosimea lui, pentru repartizarea rezervelor la categoria A sunt necesare străpungeri sau sonde, care să traverseze corpul de minereu pe toată grosimea lui și care să fie distanțate la 20—30 m una de alta.

6. Distanțele dintre punctele de luare a probelor în lucrări miniere trebuie să corespundă variației componenților utili.

7. Dacă explorarea s'a cercetat prin forajul rotativ, pentru repartizarea rezervelor la categoria A₂, sunt necesare:

a) carotajul de cel puțin 70%, adunarea sistematică a noroiului de forare și a turburelii, în cazul când există pericolul unui carotaj incomplet;

b) rezultatele satisfăcătoare ale controlului datelor obținute din sonde prin lucrări miniere;

c) ridicarea sistematică a deviațiilor sondelor.

8. Experimentarea determinării greutateii volumetrice a minereurilor (a celor compacte după probă, iar a celor afânate sau cu graisuri, prin excavare din panou).

9. Determinarea umidității minereurilor poroase, afânate sau cu graisuri (caverne).

10. Precizia necesară a analizelor chimice, stabilită după un număr destul de mare de determinări de control (eroarea analizelor nu trebuie să depășească normele din instrucțiuni).

11. Existența planurilor geologice ale suprafeței zăcământului, pe bază topografică exactă, pentru prima și a doua grupă la scara 1/2000 și a planurilor geologice ale lucrărilor miniere din subteran, pe baza topografică minieră, la scara de 1/1000, pentru zăcămintele din grupa a treia și, corespunzător, de 1/1000 și 1/500, pentru grupa a patra.

Subdiviziunea A₁ se pune în evidență la zăcămintele din prima și a doua grupă în limitele panourilor, conturate din patru sau trei părți, prin lucrări miniere săpate la distanțele stabilite.

Zăcămintele din grupa a treia, a patra și a cincia, nu se repartizează la subdiviziunea A₁.

La categoria B se repartizează:

rezervele zăcămintelor din prima grupă, puse în evidență prin lucrări miniere și sonde, sau prin combinarea lor; la aceasta se admite extrapolarea pentru maxim 1/4 din distanța dintre lucrările miniere;

rezervele zăcămintelor din grupa a doua în conturul interpolării dintre sonde sau lucrări miniere;

rezervele zăcămintelor din grupa a treia și a patra în conturul interpolării dintre lucrările miniere.

Rezervele zăcămintelor din grupa a cincia, la distanță normală între lucrări miniere, nu pot fi repartizate la categoria B.

La repartizarea rezervelor în categoria B, trebuie să se îndeplinească următoarele condiții:

1. Cunoașterea formei corpului de minereu, a distribuției tipurilor naturale și a sortimentelor condiționate; cunoașterea volumului și greutateii minereurilor fără detalierea lor pe fiecare panou, însă suficientă pentru determinarea sigură a rezervelor, în limitele întregului contur al categoriei date.

2. Existența datelor complete cu privire la compoziția mineralogică și chimică a minereurilor, după componenții lor utili de bază. Este de asemenea obligatorie prezentarea acelorași date despre componenții secundari sau dăunători, în cazul când amestecul lor are o importanță hotărâtoare, în evaluarea zăcămintului. Evidența caracterului diseminării componenților principali și distribuția metalelor valoroase pe componenții minerali distincți.

3. Cercetări de laborator pentru stabilirea gradului de preparare sau de prelucrare tehnologică pentru minereurile complexe.

4. Existența datelor privitoare la condițiile hidrogeologice ale zăcămintului și la proprietățile fizice ale minereurilor și ale rocilor înconjurătoare, dacă lipsa acestor date nu permite rezolvarea problemei privitoare la condițiile de exploatare ale zăcămintului.

5. Distanța dintre lucrările miniere trebuie să asigure o interpolare sigură a datelor de explorare și nu trebuie să depășească valoarea distanțelor, stabilită pentru grupa dată.

6. Distanțele dintre punctele de luare a probelor nu trebuie să depășească pe cele stabilite.

7. La forajul cu carote, carotajul trebuie să fie de minim 50%. Noroiul și turbureala trebuie să fie în întregime adunate iar ridicarea devierii sondelor trebuie să fie executată sistematic (minim. la fiecare 50 m).

8. Determinarea experimentală a greutateii volumetrice după probe.

9. Determinarea umidității, în cazul minereurilor poroase și cu graisuri.

10. Valoarea erorii medii a analizelor chimice nu trebuie să depășească pe cea stabilită, pentru analize tehnice complete.

Cerințele față de planurile geologice și de bază topografică sunt aceleași ca și pentru rezervele subdiviziunii A_2 .

Categoria C. Subdiviziunii C_1 îi aparțin:

Rezervele zăcămintelor deschise și eșantionate prin lucrări miniere, numai dela suprafață, cum și rezervele probabile stabilite pe baza datelor geologice și geofizice, după limitele panourilor explorate, care aparțin categoriilor superioare; rezervele zăcămintelor din prima, a doua și a treia grupă, dacă distanțele dintre lucrările miniere de explorare nu permit repartizarea lor la categoriile superioare, cum și rezervele din grupa a treia și, parțial, din grupa a patra, explorate prin sondaje, cum și rezervele din grupa a cincia, explorate prin lucrări miniere.

Rezervele zăcămintelor care au fost de mult explorate, exploatate și părăsite, în cazul când datele vechi nu s'au păstrat, sau sunt puțin verosimile.

Rezervele se repartizează subdiviziunii C_1 în următoarele condiții:

1. Formele, dimensiunile și elementele de zăcămint, ale corpului de minereu sunt cunoscute în linii generale. Volumul și greutatea minereului sunt calculate în limitele conturului convențional, pe baza datelor de explorare și care nu sunt suficiente pentru repartizarea rezervelor în categorie superioară, sau prin extrapolare parțială, în limitele conturului explorat.

2. Conținutul de metal în minereu este stabilit pe baza eșantionării incomplete și rare, sau prin extinderea asupra panourilor neexplorate a datelor de eșantionare, din blocurile vecine.

3. Calitatea substanței minerale utile, natura minereului și condițiile exploatarei, sunt stabilite pe baza considerațiilor geologice.

4. Fiecare corp de minereu nou trebuie să fie urmărit pe direcție, prin șanțuri, prin puțuri de explorare sau prin sondaje, cu o detaliere suficientă, pentru determinarea grosimii, a extinderii și a elementelor de zăcământ.

Datele geofizice pot servi ca bază pentru repartizarea rezervelor la subdiviziunea C_1 , numai în cazul combinării lor cu rezultatele explorării.

5. Planurile geologice trebuie să fie bazate pe ridicarea cu aparate de măsurat sau, în caz extrem, pe o măsurare semi-instrumentală.

Repartizarea rezervelor la subdiviziunea C_2 se condiționează de:

1. Existența hărții geologice a sectorului minier, care dă posibilitatea să se determine schematic forma și dimensiunile corpului de minereu.

2. Existența unui număr oarecare de probe, luate obiectiv, care caracterizează compoziția minereurilor și conținutul componentului util.

3. Existența materialului cartografic parțial și a datelor de arhivă privitoare la conținutul în metal, în cazul zăcămintelor explorate anterior.

e) Desimea lucrărilor miniere

Instrucțiunile în vigoare recomandă următoarea desime a lucrărilor miniere, necesară repartizării rezervelor la subdiviziunea A_2 .

Pentru zăcămintele din prima grupă, distanțele dintre lucrările miniere pe direcția zăcământului pot atinge 100 m. și pe înclinare, 60 m. Pentru zăcămintele din grupa a doua și a treia, distanțele indicate se determină prin dimensiunile panourilor pe direcția și înclinarea zăcământului.

Zăcămintele din grupa a patra nu se repartizează la subdiviziunea A_2 . Pentru primele două grupe ale zăcămintelor, rezervele pot fi repartizate la subdiviziunea A_2 , în cazul explorării lor prin sondaje și puțuri de explorare, cu distanța între cele din urmă de 100 m, pentru prima grupă, și de 25—50 m, pentru grupa a doua. În grupa a treia și a patra, rezervele subdiviziunii A_2 trebuie să fie studiate, după datele obținute din lucrările miniere.

La categoria B se repartizează rezervele prin menținerea următoarelor intervale între lucrările miniere.

Pentru zăcămintele din prima grupă, distanța dintre lucrările miniere pe direcția și înclinarea zăcământului poate atinge 100 m. Pentru grupa a doua și a treia, distanțele se determină prin dimensiunile dublate ale panourilor pe direcție și pe înclinare. Pentru grupa a patra, distanțele dintre lucrările miniere sunt egale cu dimensiunile panoului pe direcție și pe înclinare. La explorarea zăcământului prin sondaje și puțuri de explorare, intervalele dintre ele pot atinge 200 m pentru prima grupă, iar pentru cea de a doua grupă, 50—100 m.

În grupa a treia și a patra, rezervele categoriei B , ca și rezervele subdiviziunii A_2 , trebuie să fie studiate după datele obținute din lucrările miniere. Distanțele dintre punctele de luare a probelor în lucrările miniere, la stabilirea rezervelor de categoria A_2 și B , sunt admise după cum urmează: grupa întâi, până la 20 m; grupa a doua, 3—5 m; grupa a treia, 2 m și grupa a patra, 1—2 m.

4. CLASIFICAREA REZERVEI ZĂCĂMINTELOR ALUVIONARE

Zăcămintele aluvionare, după indicii lor, care determină metoda lucrărilor de explorare și condițiile de repartizare a rezervelor la categorii, se împart în trei grupe (13).

Grupa I. Zăcămintul aluvionar este uniform, orizontul productiv, după conținutul său litologic, este pus în evidență. Este caracterizat prin distribuția uniformă a componentului util. Stratul productiv este reprezentat prin nisipuri de râu și nu conține material în sfărâmături mari. Granulele componentului util sunt rotunjite. Stratul este drept și cu o înclinare neînsemnată și uniformă.

Grupa II. Zăcămintele aluvionare sunt uniforme, orizontul productiv este pus în evidență prin eșantionare. Grosimea zăcămintului aluvionar și raportul nisipurilor și al turbii sunt comparativ constante.

Stratul productiv este fluvial, cu o cantitate mică de material mare de sfărâmare. Granulele componentului util sunt puțin rotunjite. Se observă concreșteri între mineral și rocă sterile. Stratul nu este drept și are o înclinare pronunțată.

Grupa III. Zăcămintele aluvionare sunt neuniforme în ce privește grosimea lor și raportul dintre nisipuri și turbă, și cu o fluiditate care variază mai repede.

Stratul productiv conține materialul de sfărâmare nesortat. În lungul văilor au loc întreruperi dese. Lățimea stratului nu este mare. Granulele componentului util nu sunt rotunjite. Concreșterile lor cu fragmente filoniene sunt dese. Stratul nu este drept, cu înclinare mare și cotituri.

Desimea rețelei de explorare se determină prin constanta indicilor aluviunii și se caracterizează calitativ prin distanța dintre direcțiile de explorare și distanța dintre direcțiile de exploatare. Distanța minimă dintre direcțiile de explorare stabilite prin instrucțiuni este dată în tabela 21.

Distanța dintre lucrările miniere se ia astfel, încât să fie asigurată punerea în evidență a stratului productiv de lățime minimă. Distanțele maxime între lucrările miniere pe direcție sunt pentru zăcămintele aluvionare din grupa întâi, de 40 m. pentru grupa a doua, 20 m. și pentru grupa a treia, 10 m.

Pentru rezervele zăcămintelor aluvionare, împărțirea categoriei A în A₁ și A₂ nu se face. Categoria A și B, din punct de vedere al gradului de studiere și de explorare, se determină prin intervalele direcțiilor de explorare, indicate mai sus. La repartizarea rezervelor la categoria A și B se cere îndeplinirea unei serii de condiții.

Forma și condițiile de zăcămint trebuie să fie puse în evidență, cu complexitatea necesară exploatării, prin traversarea completă a stratului productiv, prin liniile de explorare și prin lucrări miniere. Conținutul mineralogic al șicului trebuie să fie studiat amănunțit și trebuie să fie executate analizele chimice ale mineralelor utile. Analiza mecanică a materialului de depuneri afânate trebuie să fie executată separat pentru nisipuri și

Tabela 21

Distanțele limită între liniile de explorare în cazul includerii rezervelor zăcămintelor aluvionare în diversele categorii

Categorii de rezervă	Grupe de zăcămint aluvionare		
	I	II	III
A	200	100	50
B	600	300	100
C	1 800	900	300

turbă, pentru sectoarele tipice ale zăcământului aluvionar. Trebuie să fie puse în evidență, de asemenea, condițiile hidrogeologice, și trebuie obținute datele asupra extinderii zonei de îngheț permanent și asupra adâncimii și duratei înghețului sezonier.

Datele referitoare la gradul de spălare a nisipurilor trebuie să fie obținute, pentru categoria A, prin exploatare de încercare, și pentru categoria B, prin spălarea materialelor scoase din puțurile de explorare. Afară de aceasta se cer rezultate satisfăcătoare ale puțurilor de explorare de control, ale analizelor chimice de verificare a glicurilor și determinarea greutatea volumetrică a nisipurilor, după diverse fâșii litologice.

Pentru repartizarea rezervelor la subdiviziunea C_1 , se cere o anume desime a liniilor de explorare indicate mai sus și punerea în evidență, în linii generale, a indicilor zăcământului aluvionar enumerați mai sus. Rezervele neexplorate și probabile, rezultate prin interpretări geologice, se repartizează la subdiviziunea C_2 .

5. RAPORT ASUPRA CALCULULUI REZERVEI

Rezultatele calculului rezervelor și materialelor necesare omologării rezervelor de către Comisia Rezervelor pentru întocmirea proiectului de exploatare a zăcământului se trec într'un raport. Raportul se compune din următoarele părți: partea de explorare geologică, tabelele cu calculul rezervelor și materialele grafice și de documentare.

Partea de explorare geologică trebuie să dea caracteristica complexă a zăcământului și trebuie să conțină descrierea detaliată a tuturor lucrărilor de explorare geologică executate, cu rezultatele obținute. De obicei, întocmirea ei se face după următoarea schemă: noțiuni generale despre raionul zăcământului, scurtă caracterizare geologică a regiunii, descrierea zăcământului, lucrările de explorare geologică și rezervele substanței minerale utile.

În prima parte se trec următoarele noțiuni: istoricul cercetării zăcământului, poziția sa geografică, o scurtă descriere orohidrografică și caracteristica scurtă economică a raionului.

Partea a doua conține caracteristica generală geologică, stratigrafia și tectonica raionului.

Partea a treia conține descrierea zăcământului; acesta este capitolul principal și trebuie să cuprindă următoarele date: structura geologică a sectorului, descrierea așezării și a formei zăcământului, tectonica, compoziția mineralogică și chimică a substanței minerale utile, geneza zăcământului, caracteristica tehnologică a substanței minerale utile și condițiile hidrogeologice și de tehnică minieră ale exploatarei.

În partea „Lucrări geologice de explorare” se dă o descriere scurtă a ridicărilor topogeodezice, geologice, a lucrărilor geofizice și de prospecțiuni, și se caracterizează metodologia și volumul lor. Mai departe se dă metodologia și motivarea lucrărilor de explorare exe-

cutate, cum și metodologia eşantionării și justificarea ei. În fine, la încheierea capitolului principal se determină volumul și direcția viitoarelor lucrări geologice de explorare și ale lucrărilor științifice de corectare pentru studierea zăcămintului, cum și evaluarea costului lucrărilor geologice de explorare executate, raportate la o tonă de substanță minerală utilă.

Partea „Rezervele substanței minerale utile” cuprinde: descrierea și motivarea metodelor aplicate la calculul rezervelor substanței minerale utile și a componentilor valoroși; expunerea condițiilor substanței minerale utile intrate în calcul, grosimea minimă exploatabilă, conținutul minim exploatabil al componentilor utili, conținutul maxim al componentilor dăunători; explicația construcțiilor grafice și a conturării zăcămintelor, cum și descrierea schemei acceptate, de împărțire a zăcămintului în panouri și categorii; metodologia determinării indicilor medii; rezervele zăcămintului, generale și pe sectoare, panouri și asortimente distincte.

Totalitatea tabelelor calculului rezervelor, care se anexează la raport conțin: tabele de calcul al valorilor, medii ale indicilor (grosimile, conținuturile) după lucrări miniere și panouri; tabele de calcul al rezervelor în măsuri de volum și greutate după panouri, sectoare și zăcămintele; tabela centralizatoare a rezervelor după tipuri, sortimentele substanței minerale utile și categoriile rezervelor.

Raportul calculului rezervelor este însoțit de următoarele materiale grafice:

1. Harta generală a regiunii zăcămintului la scară mică ($1/500\,000$ — $1/1\,000\,000$), cu indicarea tuturor zăcămintelor substanțelor minerale utile explorate sau exploatare, centrele mari locuite, căi de comunicație și elementele orohidrografice mai importante.

2. Harta geologică a întregii regiuni, la scara $1/450\,000$ — $1/100\,000$, și harta geologică a regiunii zăcămintului la scara $1/5000$ — $1/10\,000$ (pentru zăcămintele de minereuri și pentru cele aluvionare) și secțiunile ei.

Pe hărți, afară de elementele geologice, se indică și rețeaua geodezică de reper, relieful suprafeței, centrele locuite, rețeaua hidrografică și contururile sectoarelor de lucrări detaliate de ridicare geologică și de explorare.

3. Planul geologic al zăcămintului (foaie de explorare) la scara planurilor principale topografice miniere ($1/500$, $1/1000$, $1/2000$). Pentru unele zăcămintele carbonifere, scara poate fi luată până la $1/5000$ — $1/10\,000$. Pe plan se arată, pe lângă elementele obișnuite ale suprafeței, contururile zăcămintelor și lucrările miniere de explorare și de exploatare. Planul este însoțit de sistemul de secțiuni, care caracterizează structura zăcămintelor.

4. Planurile topografice miniere pe strate sau pe orizonturi, la scările stabilite.

5. Coloanele litologice stratigrafice normale și coloanele comparative ale stratelor de cărbuni după sonde (pentru zăcămintele cu multe strate de cărbuni).

6. Planurile de eșantionare a suprafeței și a orizonturilor, cu lucrări miniere la scara planurilor principale topografice miniere, sau la o scară și mai mare (1/200, 1/500).

7. Planurile de structură și de calitate, la scara planului geologic al zăcămintului, care dau caracteristica generală a formei zăcămintului și a indicilor substanței minerale utile.

8. Secțiuni după lucrările de explorare și de exploatare la scara 1/200—1/500, cu indicarea coordonatelor dela gura lucrărilor, cu elementele de zăcămint, cu lungimea și rezultatul eșantionării.

9. Materialele grafice care s'au folosit la determinarea suprafețelor de extindere a zăcămintului și a rezervelor în unități de volum și greutate.

Fiecare raport de calcul al rezervelor, din punct de vedere al complexității materialului, trebuie să fie astfel întocmit, încât, după datele pe care le conține, să se poată executa controlul concluziilor finale ale calculului și, dacă este nevoie, cel din urmă să poată fi executat din nou. Deaceia, afară de cele enumerate mai sus, raportul trebuie să fie însoțit și de următorul material documentar:

1. jurnalele de eșantionare și de analize chimice;

2. tabelele de comparație a analizelor principale de control și de arbitraj;

3. tabelele de calcul al greutateilor volumetrice, umidității substanței minerale utile, conținutul componentilor utili și dăunători;

4. jurnalele de sondaje;

5. caietele de coordonate ale lucrărilor de explorare și de exploatare.

Acestea sunt elementele principale ale clasificării rezervelor substanțelor minerale utile solide și esența condițiilor de aplicare a lor, la tipurile principale de zăcămintele. În cele ce urmează se vor trata problemele determinării rezervelor exprimate în unități de volum și greutate.

§ 3. PROBLEMELE GEOMETRICE GENERALE CARE SE PUN LA CALCULUL REZERVELOR

Acestea sunt următoarele:

a) conturarea zăcămintului substanței minerale utile;

b) determinarea suprafețelor după care se face calculul rezervelor;

c) calculul volumelor.

Prima problemă a fost tratată în capitulul precedent, iar celelalte se tratează mai jos.

1. DETERMINAREA SUPRAFETELOR

La calculul rezervelor în unități de volum și greutate, suprafața extinderii zăcământului sau a părții lui separate întră ca element principal în calcul.

Suprafețele supuse determinării, după forma lor, pot fi întâlnite sub formă de plane și de suprafețe topografice. Conturul care delimitează suprafețele supuse determinării poate fi sub formă de linii frânte sau curbe, închise.

Metoda determinării suprafeței este condiționată de caracterul suprafeței zăcământului, al formei, al conturului de delimitare și al metodei de calcul al rezervelor.

Se vor analiza metodele principale de determinare a suprafețelor, aplicabile la calculul rezervelor.

a) Calculul suprafețelor din coordonatele vârfurilor conturului

Dacă se cunosc din ridicări coordonatele vârfurilor conturului, suprafața celui din urmă se poate determina din aceste coordonate, pe cale analitică. La aceasta, precizia de calcul a suprafeței va depinde de precizia ridicării punctelor de vârfuri, adică poate fi destul de mare. Cu toate aceste calități esențiale, aplicarea acestei metode analitice este puțin folosită în calculul rezervelor.

Se va analiza această metodă, aplicată la determinarea suprafeței triunghiului.

Fie un triunghi oarecare în limitele conturului interior al zăcământului, limitat de lucrările de explorare A , B și C (fig. 250).

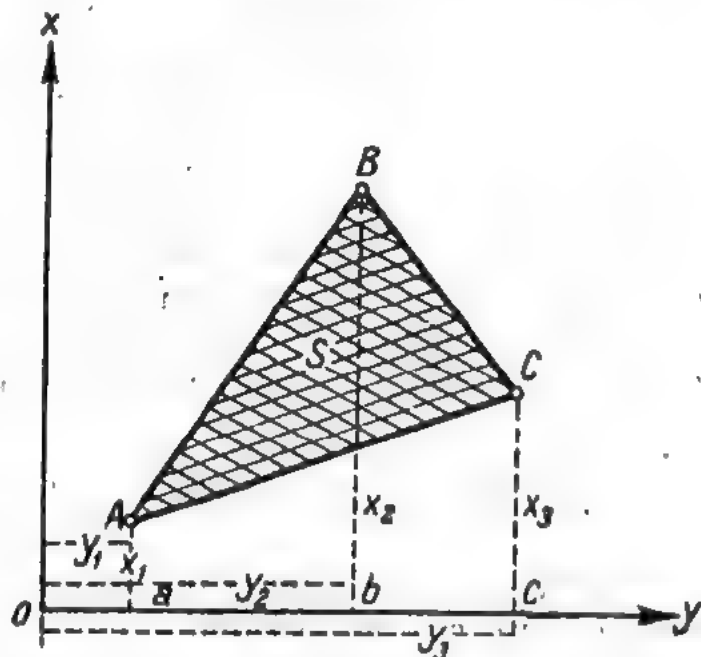


Fig. 250

Suprafața triunghiului se poate exprima cu ajutorul suprafeței trapezului și anume:

$$S = \text{supr. } ABba + \text{supr. } BCcb - \text{supr. } CAac.$$

Suprafața fiecărui trapez se poate exprima prin abscisele și ordonatele vârfurilor triunghiului, după formula produsului semisumei laturilor paralele cu înălțimea. Vom avea:

$$2S = (x_1 + x_2)(y_2 - y_1) + (x_2 + x_3)(y_3 - y_2) - (x_3 + x_1)(y_3 - y_1). \quad (a)$$

În această expresie se deschid parantezele și se face reducerea termenilor asemenea și grupându-i după abscise, se obține:

$$2S = x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2) \quad (b)$$

Sub forma generală, expresia (b) poate fi prezentată sub formă:

$$2S = \sum_1^n x_k(y_{k+1} - y_{k-1}), \quad (7.1)$$

unde $k-1$, k , $k+1$ sunt numerele de ordine ale vârfurilor poligonului.

Expresia prezentată poate fi folosită la calculul suprafeței poligonului cu un număr oricât de mare de vârfuri.

Prin gruparea membrilor în expresia (a) după ordonate, suprafața căutată se va determina cu formula:

$$2S = y_1(x_3 - x_2) + y_2(x_1 - x_3) + y_3(x_2 - x_1) \quad (c)$$

sau, sub forma ei generală:

$$2S = \sum_1^n y_k(x_{k-1} - x_{k+1}). \quad (7.2)$$

Astfel, suprafața care se determină S , se calculează cu formulele (7.1) și (7.2) în două feluri, prin compunerea diferențelor x -lor și prin înmulțirea lor la y -cii corespunzători, sau prin compunerea diferențelor y -cilor și prin înmulțirea lor cu x .

Calculul suprafeței prin metoda indicată, folosind mașina de calcul sau un alt aparat de calcul, nu prezintă nici o greutate.

b) Metoda geometrică de determinare a suprafețelor

Această metodă se aplică mai ales în cazurile când conturul suprafeței căutate este un poligon.

Suprafața căutată (poligonul) se împarte în tringhiuri, dreptunghiuri sau trapeze, ale căror suprafețe se determină cu formulele geo-

metrice pentru aceste figuri elementare. Suma suprafețelor figurilor va fi suprafața căutată.

Înălțimile și bazele se iau de pe plan cu distanțierul. Metoda este simplă, însă pentru figuri mici nu asigură precizia necesară.

Această metodă se aplică mai ales la calculul rezervelor cu metoda triunghiurilor, când suprafețele care intră în calcul se pot împărți în triunghiuri. Deseori, metoda triunghiurilor se aplică la calculul rezervelor cu ajutorul suprafeței celei mai apropiate, unde suprafețele distincte reprezintă poligoane simple.

Condiția necesară aplicării acestei metode este ca înălțimile și bazele trapezului sau a triunghiului care urmează să fie măsurate să aibă în plan o mărime suficientă (minim 4—5 cm). În caz contrar, eroarea relativă a măsurării dimensiunilor din plan provoacă o eroare relativ mare la determinarea suprafeței.

c) Determinarea suprafețelor cu planimetrul

Suprafețele delimitate de linii frânte se întâlnesc rar la calculul rezervelor. Deseori, trebuie să se lucreze cu suprafețe delimitate prin linii curbe. La determinarea acestor suprafețe este mai ușor să se folosească planimetrul.

Cel mai răspândit sistem de planimetru este planimetrul polar, cu lungimea variabilă a pârghiei de contur (fig. 251). El se compune din următoarele părți principale: pârghia polară P , pârghia de conturare A și dispozitivul de calcul L (înregistrator).

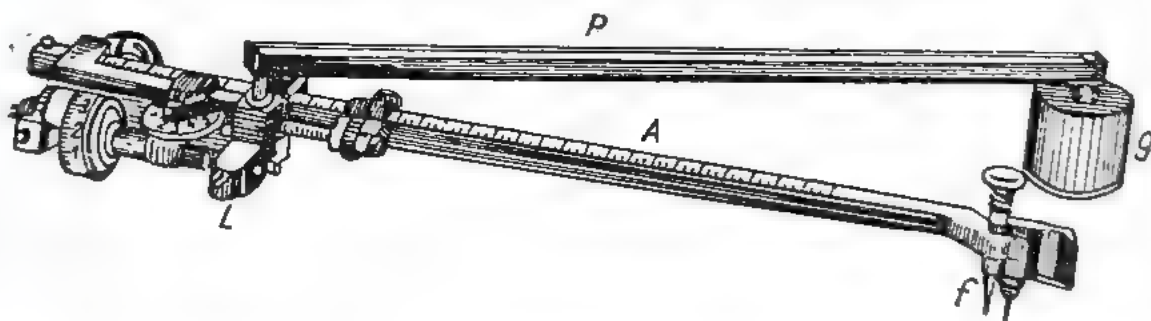


Fig. 251

Măsurarea suprafețelor cu planimetrul se poate face prin așezarea polului g în interiorul sau la exteriorul suprafeței de măsurat, în funcție de mărimea ei.

Suprafețele măsurate cu planimetrul în plan se exprimă prin formulele:

$S = c(v_2 - v_1 + q)$ — când polul g este situat în interiorul figurii sau (7.3)

$S = c(v_2 - v_1)$ — când polul g este situat în exteriorul figurii.

Aici, v_1 și v_2 sunt indicațiile înregistratorului planimetrului, înainte și după conturare;

c — valoarea diviziunii planimetrului pentru lungimea dată a pârghiei (prima constantă a planimetrului);

q — a doua constantă a planimetrului pentru lungimea dată a pârghiei, care se determină din expresia

$$q = v_2 - v_1 - (v'_2 - v'_1), \quad (7.4)$$

în care, v_1 , v_2 și v'_1 , v'_2 sunt indicațiile înregistratorului L al planimetrului la măsurarea uneia și aceleiași suprafețe pentru cazul polului situat în afara și în interiorul figurii. Constanta c (valoarea de diviziune a planimetrului) se determină prin măsurarea cu planimetrul a unei suprafețe cunoscute și la o mărime dată a pârghiei de conturare. Câtul obținut din împărțirea suprafeței măsurate (cunoscute în prealabil) la diferența indicațiilor, înainte și după conturare, este egal cu valoarea de diviziune a planimetrului. La măsurarea suprafeței, după fixarea polului, trebuie să se observe ca în timpul conturării, polul să rămână fix.

Înainte de a începe conturarea, se așează acul de urmărire f într'un punct oarecare, determinat pe contur, și se face citirea după înregistrator. Se procedează astfel: întâi se observă cifrele între care se află indicatorul și din ele se ia cea mai mică (prima cifră), apoi se ia pe tambur cifra cea mai mică până la zero al vernierului (a doua cifră) și numărul diviziunilor tamburului dinspre indicatorul cifrei arătate, spre zero al vernierului (a treia cifră) și ultima (a patra cifră) se citește după vernier. Astfel, citirea constă din patru cifre, de exemplu 5735. După ce se face conturarea suprafeței în sensul acelor ceasornicului, cu polul planimetrului așezat în exteriorul conturului, se obține o citire mai mare, de exemplu 6974. Diferența dintre aceste cifre, 1239, este tocmai expresia suprafeței măsurate pe plan, în diviziunile planimetrului. Rezultă că, în cazul dat, suprafața măsurată se va exprima prin 1239 diviziuni ale planimetrului.

Dacă se cunoaște valoarea diviziunii, c a planimetrului, la lungimea dată a pârghiei de contur, se obține ușor suprafața sectorului pe plan în centimetri pătrați și, cunoscând scara planului, se determină suprafața reală a conturului (în m^2).

Constantei planimetrului c se caută să i se dea deseori o valoare mai comodă pentru calcul, de exemplu 1. Aceasta se obține prin modificarea corespunzătoare a lungimii pârghiei de conturare.

Fiecare suprafață se măsoară de două ori, cu mutarea polului. Diferența admisibilă între două determinări nu trebuie să depășească $1/200$ din suprafața măsurată. Pentru a îndeplini această condiție,

suprafețele mici trebuie făcute la scară mare, astfel încât valoarea diviziunii planimetrului să exprime o suprafață mai mică de cât $1/200$ din suprafața măsurată.

Pentru ca să se obțină cu planimetrul rezultate sigure, trebuie să se respecte următoarele indicații practice:

1. Înainte de a face măsurări, trebuie să se verifice planimetrul și să se determine valoarea diviziunii sale.

2. În timpul lucrului, planul, planimetrul și mâna trebuie să aibă poziția care permite ușor o conturare.

3. Lungimea pârghiei de contur a planimetrului trebuie să se aleagă în funcție de mărimea suprafețelor măsurate; la figuri mici, lungimea pârghiei se ia mai scurtă.

4. Polul planimetrului trebuie să fie așezat în exteriorul figurii, pentru ca să nu se mai facă calcule legate de determinarea constantei q .

5. Poziția inițială a acului de contur trebuie aleasă într'un punct al conturului, în care, la conturare, tamburul să se miște încet.

6. Conturarea trebuie să se facă încet și atent, cu viteză constantă; altfel eroarea conturării este însemnată.

7. Orice determinare a suprafeței trebuie să se face de două ori și ca rezultat trebuie să se ia media.

8. În timpul conturării, trebuie să se urmărească de câte ori trece zero în dreptul indicatorului.

Măsurarea suprafețelor cu planimetrul se folosește mult la toate metodele de calcul al rezervelor.

d) Determinarea suprafețelor cu ajutorul curbimetrului și al transparentului

În lipsa planimetrului, suprafețele cu contur curbiliniu se pot măsura cu ajutorul curbimetrului și al transparentului. Curbimetrul servește la măsurarea lungimilor liniilor curbă și se compune (fig. 252) dintr'o mică rolă, fixată pe axă, care este unită, printr'un sistem de angrenaj, cu pinioanele închise în carcasă. La rularea în lungul liniei de măsurat pe plan, pinioanele în rotație indică, pe cadrane, lungimea liniilor parcurse, în centimetri.

Pentru folosirea acestui instrument la măsurarea suprafețelor, este nevoie de un transparent. Transparentul se face pe hârtie cerată, cu dimensiuni mai mari decât suprafețele de măsurat.

Liniile transparentului se trasează de obicei la distanța de 2; 1 și 0,5 cm. Pentru ușurința măsurării se îngroașă fiecare a treia linie.

La determinarea suprafeței conturului, se suprapune transparentul pe suprafața de măsurat (fig. 253), astfel încât două linii orizontale ale transparentului să fie tangente la conturul suprafeței, în două puncte, de exemplu *a* și *b*. Segmentele liniilor transparentului, cuprinse în limitele conturului, se măsoară succesiv cu curbimetrul. Lungimile lor se însumează automat pe instrument. Suma lor în centimetri dă suprafața conturului pe plan în centimetri pătrați, dacă distanța dintre liniile trans-

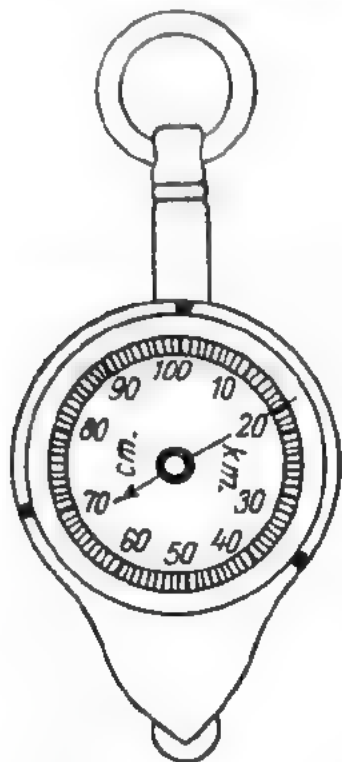


Fig. 252

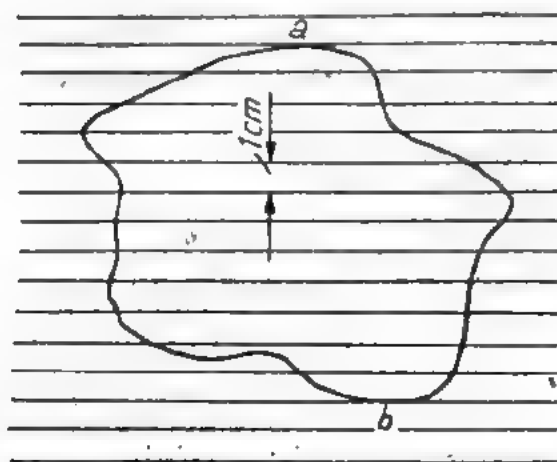


Fig. 253

parentului este de 1 cm. După aceasta, suprafața se exprimă în metri pătrați, conform cu scara planului. Pentru obținerea unui rezultat mai precis, determinarea suprafeței se face de mai multe ori, cu diferite orientări ale transparentului, și se ia media aritmetică a rezultatelor.

În funcție de mărimea suprafeței și de curbura conturului, se folosesc, deasemenea, curbimetre cu distanțe între linii de $\frac{1}{2}$ și de 2 cm. În cazul acesta, pentru a determina suprafața, în primul caz va trebui să se împartă la doi, iar în al doilea caz să se înmulțească cu doi.

Nu este greu de văzut că la determinarea suprafețelor cu curbimetrul, segmentele dreptelor parcurse cu curbimetrul se iau ca baze medii ale trapezelor cu înălțimea egală cu distanța dintre liniile vecine ale transparentului, iar părțile curbilini ale conturului, care corespund acestor linii medii, ca laturile drepte ale trapezului. De aici rezultă dependența indicată mai sus, a lungimii sumare a liniei paletelor, și deci a suprafeței determinate.

Pentru suprafețe mici și pentru contururi cu traseu complicat, metoda arătată are o precizie mică. La determinarea suprafețelor

mari și mijlocii, această metodă este folosită foarte mult. La măsurarea suprafețelor cu curbimetrul, rezultatele satisfăcătoare se obțin prin minuțiozitatea lucrului. Aprecierea comparativă a acestei metode, față de metoda măsurării suprafețelor cu planimetrul arată că rezultatele determinării uncia și aceleași suprafețe prin metoda indicată, diferă în limitele admisibile (1—2%).

e) Determinarea suprafețelor cu abaca (palete)

Abaca este o coală de hârtie transparentă sau o piacă transparentă de sticlă sau de celuloid, pe care sunt reportate punctele vârfurilor pătratului cu latura de 1 cm sau de 0,5 cm (fig. 254). Dacă se așează abaca pe conturul planului, fiecărui punct de pe abacă, în interiorul conturului, îi va corespunde un pătrat cu suprafața de 1 cm² (dacă latura pătratului este de 1 cm).

Cantitatea de puncte ale paletii, care cad în interiorul conturului, va exprima, în centimetri pătrați, suprafața delimitată prin contur. După aceasta, suprafața măsurată se exprimă în metri pătrați, conform scării planului.

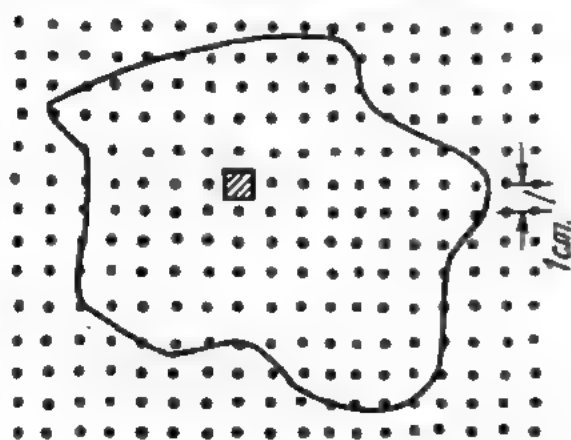


Fig. 254

În calcul intră toate punctele din interiorul conturului și jumătate din punctele așezate pe contur. Determinarea suprafeței se face de câteva ori (de obicei de trei ori), cu orientarea diferită a paletii față de contur. Din totalul determinărilor se ia media aritmetică.

Pentru suprafețele mici și pentru conturul cu traseu complicat, se ia abaca cu latura pătratului de 0,5 cm. În acest caz, pentru a obține suprafața măsurată în centimetri pătrați, trebuie să se împartă numărul punctelor numărate, la patru. Metoda este destul de simplă și dă rezultate satisfăcătoare, care nu sunt inferioare, în ce privește exactitatea lor, celor obținute la măsurarea suprafețelor cu curbimetrul și de aceea este folosită atât de mult.

f) Determinarea suprafețelor liniare

La calculul rezervelor zăcămintelor stratiforme, cu unghiul de înclinare variabil, există o serie de suprafețe (topografice) complicate, care trebuie măsurate. În acest scop, și pentru o serie de pro-

bleme tehnice miniere, suprafețele stratelor sunt reprezentate prin isohipse. Suprafața cuprinsă între două isohipse vecine, se va considera liniară, adică o suprafață care, în secțiunea verticală, pe direcții perpendiculare pe isohipse, este reprezentată printr'un segment de dreaptă înclinat.

Fie în fig. 255, *a* reprezentată o suprafață topografică a stratului, cuprinsă între isohipsele 50 și 100.

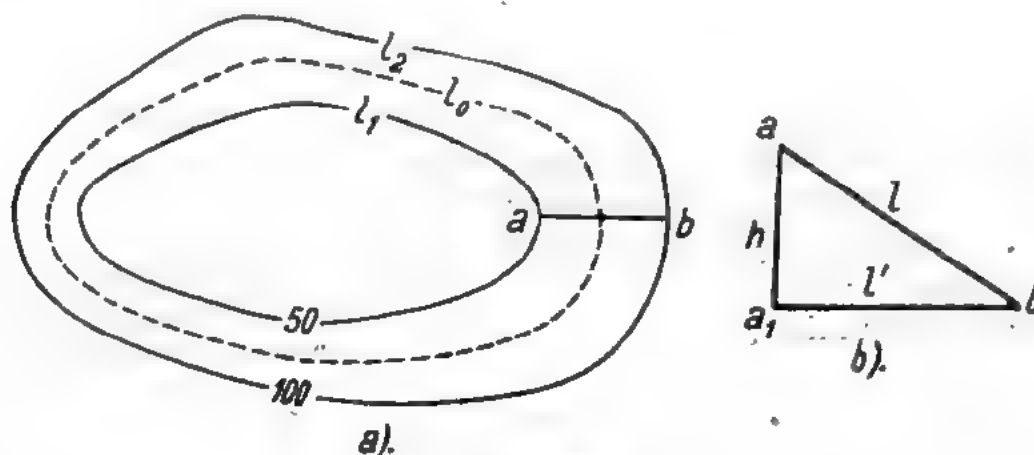


Fig. 255

Să se determine suprafața ei S . Fig. 255, *b* reprezintă secțiunea verticală a suprafeței indicate după linia ab .

Se introduc notările:

Fie l_1 , l_2 , l_0 lungimile isohipsei superioare, mijlocii și inferioare ale suprafeței; l — lungimea pe înclinare a generatoarei ab , l' — proiecția sa orizontală și h — distanța dintre curbele de nivel.

Se ia un element infinit mic de suprafață dS , cuprins între limitele fâșiei inelare dintre două generatoare, infinit vecine. Segmențele isohipselor arătate mai sus în limitele elementului evidențiat, se vor însemna corespunzător cu dl_1 , dl_2 și dl_0 . În acest caz, dS se va afla din expresia:

$$dS = dl_0 l = dl_0 \sqrt{(l')^2 + h^2} = \sqrt{(dl_0)^2 (l')^2 + (dl_0)^2 h^2} = \sqrt{(dB)^2 + (dC)^2}. \quad (7.5)$$

Aici, dB este proiecția orizontală a elementului dS , iar dC este elementul suprafeței unui cilindru drept, construit pe isohipsa mijlocie a elementului dS . Formula (7.5) poate fi folosită la determinarea suprafeței dS prin înlocuirea suprafeței elementare evidențiate, lângă dreapta ab (fig. 255), în formă de trapez, cu o suprafață egală cu ea, în formă de dreptunghi.

Dacă lățimea l' a inelului dintre isohipse rămâne constantă pentru întreaga fâșie, lungimea generatoarei $l = \sqrt{(l')^2 + h^2}$ rămâne constantă,

și însumarea elementelor dS da suprafața S a întregului inel cuprins între isohipse

$$S = \sum dS = \sqrt{(l')^2 + h^2} \sum dl_0 = l_0 \sqrt{(l')^2 + h^2} = l_0 l = \sqrt{B^2 + C^2}, \quad (7.6)$$

unde B este suprafața proiecției orizontale a porțiunii de strat cuprinsă între două isohipse vecine l_1, l_2 , iar C este suprafața cilindrului drept, construit pe isohipsa mijlocie l_0 .

Dacă, însă, distanța l' dintre isohipse (lățimea fâșiei) este variabilă, formula pentru S rămâne aceeași, însă lățimea care este cuprinsă în Bl' , se înlocuiește cu lățimea ei medie, l'_{med} .

Astfel, pentru determinarea suprafeței topografice, se împarte suprafața dată prin plane orizontale echidistante într-o serie de fâșii, după care se calculează, separat, suprafața fiecărei fâșii, iar suprafața totală se obține prin însumarea suprafețelor acestor fâșii. Ordinea determinării practice a suprafeței fiecărei fâșii este următoarea:

a) cu una dintre metodele arătate se măsoară pe plan suprafața B , cuprinsă între două isohipse vecine;

b) pe același plan se măsoară, cu ajutorul curbimetrului, lungimile l_1, l_2 ale isohipselor indicate, pentru a putea determina lungimea l_0 a isohipsei medii, ca fiind semisuma lui l_1 și l_2 ;

c) se calculează suprafața C a cilindrului drept cu formula $C = l_0 h$ și

d) se găsește S din expresia $S = \sqrt{B^2 + C^2}$.

Calculul suprafeței S se face cu ajutorul tabelii pătratelor sau, de cele mai multe ori, grafic, prin construirea triunghiului drept, ale cărui catete sunt valorile B și C . Ipotenuza acestui triunghi va exprima, cu precizie suficientă, suprafața căutată S .

Prin înlocuirea lățimilor variabile l' în diferitele părți ale fâșiei, cu lățimea constantă medie $l'_{med} = \frac{B}{l}$ s'a înlocuit suprafața fâșiei date cu o altă suprafață cu unghi constant de înclinare ϑ_0 față de orizontală, care se găsește din expresia

$$\operatorname{tg} \vartheta_0 = \frac{C}{B}.$$

Pentru ca să se aprecieze valoarea erorii în acest caz, se înlocuiește în formula (7.5) distanța l' dintre isohipse cu valoarea sa medie l'_{med} .

Abaterea $l' - l'_{med}$ se înseamnă cu dl' . În acest caz, la $l' = l'_{med} + dl'$ se obține:

$$\begin{aligned} dS &= dl_0 \sqrt{h^2 + (l'_{med})^2 + 2l'_{med} dl' + (dl')^2} = \\ &= dl_0 \sqrt{h^2 + (l'_{med})^2} \cdot \sqrt{1 + 2(l'_{med}) \frac{dl'}{h^2 + (l'_{med})^2} + \frac{(dl')^2}{h^2 + (l'_{med})^2}} \\ \text{sau} \quad dS &= dl_0 \sqrt{h^2 + (l'_{med})^2} \sqrt{1 + 2 \frac{l'_{med}}{l''} \cdot \frac{dl'}{l''} + \left(\frac{dl'}{l''}\right)^2}, \end{aligned} \quad (7.7)$$

unde s'a însemnat cu $l'' = \sqrt{h^2 + (l'_{med})^2}$ lungimea medie a suprafeței generatoarei, care are unghiul de înclinare ϑ_0 .

Desvoltând a doua rădăcină a membrului al doilea al expresiei (7.7) în serie Taylor, se obține dS cu precizie până la pătratul raportului $\frac{l'}{l''}$ inclusiv:

$$\begin{aligned} dS &= dl_0 \sqrt{h^2 + (l'_{med})^2} \left\{ 1 + \frac{l'_{med}}{l''} \cdot \frac{dl'}{l''} + \frac{1}{2} \left(\frac{dl'}{l''} \right)^2 - \frac{1}{8} \left(2 \frac{l'_{med}}{l''} \cdot \frac{dl'}{l''} \right)^2 \right\} = \\ &= dl_0 \sqrt{h^2 + (l'_{med})^2} \left\{ 1 + \frac{l'_{med}}{l''} \cdot \frac{dl'}{l''} + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{l'_{med}}{(l'')^2} \right) \left(\frac{dl'}{l''} \right)^2 \right\}. \end{aligned} \quad (7.8)$$

Luând pentru suprafața stratului expresia $S = \sqrt{B^2 \pm C^2}$ se neglijează în formula (7.6) toți termenii din parantezele mari ale formulei (7.8), afară de primul, și pentru elementul infinit mic al suprafeței stratului dS , se face eroarea ΔdS egală cu:

$$\Delta dS = dS - dS_0 = dS_0 \left\{ \frac{l'_{med}}{l''} \cdot \frac{dl'}{l''} + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{(l'_{med})^2}{(l'')^2} \right) \left(\frac{dl'}{l''} \right)^2 \right\}, \quad (7.9)$$

unde

$$dS_0 = dl_0 \sqrt{h^2 + (l'_{med})^2}.$$

Folosind relația, $\text{ctg } \vartheta_0 = \frac{l'_{med}}{h}$, se înlocuiește în expresia (7.9) abaterea dl' prin abaterea $d\vartheta$ a unghiului de înclinare dela valoarea sa medie ϑ_0 . În adevăr, diferențiând egalitatea $l'_{med} = h \cdot \text{ctg } \vartheta_0$ se obține:

$$dl'_{med} = -\frac{h}{\sin^2 \vartheta_0} \cdot d\vartheta_0 \text{ și } \frac{dl'_{med}}{l''} = -\frac{hd\vartheta_0}{l'' \sin^2 \vartheta_0} = -\frac{d\vartheta}{\sin \vartheta_0}.$$

Înlocuind rezultatul obținut în expresia (7.9) vom avea

$$\Delta dS = -dS_0 \left\{ \text{ctg } \vartheta_0 d\vartheta_0 - \frac{1}{2} (d\vartheta_0)^2 \right\}. \quad (7.10)$$

eroarea relativă va fi:

$$\frac{\Delta dS}{dS_0} = -\text{ctg } \vartheta_0 \cdot d\vartheta_0 + \frac{1}{2} (d\vartheta_0)^2 \quad (7.11)$$

Pentru $\vartheta_0 = 45^\circ$, eroarea relativă, exprimată prin ecuația (7.11), va fi $\frac{1}{57} \approx 2\%$ pentru fiecare grad de abatere al unghiului dela valoarea sa medie $\vartheta_0 = 45^\circ$.

În medie, eroarea relativă pentru întreaga suprafață va fi mult mai mică. În adevăr, împărțind isohipsa medie în n părți, se va avea din expresia (7.9), pentru ΔdS :

$$\Delta dS = \frac{S_0}{n} \left\{ \frac{l'_{med}}{l''} \frac{dl'}{l''} + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{(l'_{med})^2}{(l'')^2} \right) \left(\frac{dl'}{l''} \right)^2 \right\}.$$

Pentru suma erorilor, se obține:

$$\begin{aligned}\sum \Delta dS &= \frac{S_0}{n} \left\{ \frac{l''_{med}}{l''} \sum \frac{dl'}{l''} + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{(l''_{med})^2}{l''^2} \right) \sum \left(\frac{dl'}{l''} \right)^2 \right\} = \\ &= \frac{S_0}{2n} \sin^2 \vartheta_0 \sum \left(\frac{d\vartheta_0}{\sin \vartheta_0} \right)^2 = \frac{S_0}{2n} \sum (d\vartheta_0)^2,\end{aligned}\quad (7.12)$$

deoarece, după metoda găsirii l''_{med} , suma $\sum dl' = 0$.

Insemnând cu $\Delta \vartheta$ valoarea limită a abaterii indicate și folosind expresia (7.12), se obține eroarea relativă de determinare a suprafeței liniare pentru întreaga fâșie cuprinsă între două isohipse vecine:

$$\begin{aligned}\frac{\sum \Delta dS}{S_0} &= \frac{2}{2n} \left(\frac{\Delta \vartheta}{n} \right)^2 \sum (1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2) = \\ &= \frac{1}{n} \left(\frac{\Delta \vartheta}{n} \right)^2 \left[\frac{n^3}{3} + \frac{n^2}{2} + \frac{n}{6} \right] \approx \frac{\Delta \vartheta^2}{n^5} \left(\frac{n^3}{3} \right) \approx \frac{(\Delta \vartheta)^2}{3}.\end{aligned}\quad (7.13)$$

De exemplu, pentru $\vartheta_0 = 45^\circ$, $\Delta \vartheta = \pm 10^\circ$, eroarea relativă de determinare a suprafeței liniare între două isohipse va fi:

$$\frac{\sum \Delta dS}{S_0} \approx \frac{1}{3} \left(\frac{10}{57} \right)^2 \approx 0,01 \text{ sau } 1\%.$$

Astfel, pentru unghiurile de înclinare care variază dela 35 la 55° eroarea de calcul al suprafeței cu formula (7.6) nu va depăși 1% din suprafața supusă determinării.

În realitate, valoarea acestei erori poate fi puțin mai mare, deoarece lungimea l' a proiecției generatoarei variază neuniform și are, în limitele suprafeței de determinat, o serie de minime și de maxime. Rezultatul calculului se poate îmbunătăți puțin prin determinarea suprafeței fâșiei pe porțiuni cuprinse între generatoarele vecine pentru care lungimea proiecției l' are valoarea minimă și maximă. Însă la executarea practică, măsurile indicate de prevederi pot să nu fie respectate, deoarece eroarea este comparativ mică față de abaterea dl' a proiecției generatoarei dela valoarea ei medie $l'' = \frac{B}{l_0}$.

Rezultă că formula (7.6) permite să se calculeze cu destulă precizie suprafața topografică cuprinsă între două isohipse, în limitele cărora suprafața poate fi considerată liniară.

Metoda expusă se numește în literatură „metoda isohipselor”. Metoda a fost propusă de V. I. Bauman în anul 1908.⁽¹⁾ Tot Bauman a stabilit precizia metodei.

2. DETERMINAREA VOLUMELOR ÎN CALCULUL REZERVEI

Formele zăcămintelor de substanță minerală utilă, așa cum se întâlnesc în natură, sunt destul de diferite. După caracterul suprafețelor care le delimitează, se împart în două grupe:

- a) cu suprafețe plane;
- b) cu suprafețe curbe.

Volumul corpurilor cu forma regulată se determină cu ajutorul formulelor geometrice.

În practică, calculul rezervelor formelor complicate de volum se înlocuiește deseori, pentru ușurarea calculelor, prin volume mai simple, egale între ele.

În acest scop, corpurile delimitate de suprafețe plane (poliedre) se divid într-o serie de corpuri elementare (cuburi, prisme, piramide), al căror volum se determină cu formule, general cunoscute.

Corpurile delimitate de suprafețe curbă se reduc la elemente de volum egale între ele cu ajutorul metodei de proiectare a lor pe planul de proiecție. Cele din urmă sunt limitate într-o parte printr'un plan, ceea ce simplifică reprezentarea corpurilor și ușurează determinarea volumelor lor.

a) Corpuri cu suprafețe plane (poliedrele)

Foarte des, corpurile de minereu (zăcământ) sau părțile lor (pă-nouri, subetaje, etaje, etc.) pot fi considerate practic, ca poliedre. Volumul poliedrelor se poate lua, în multe cazuri, ca volumul unui prizmatoid.

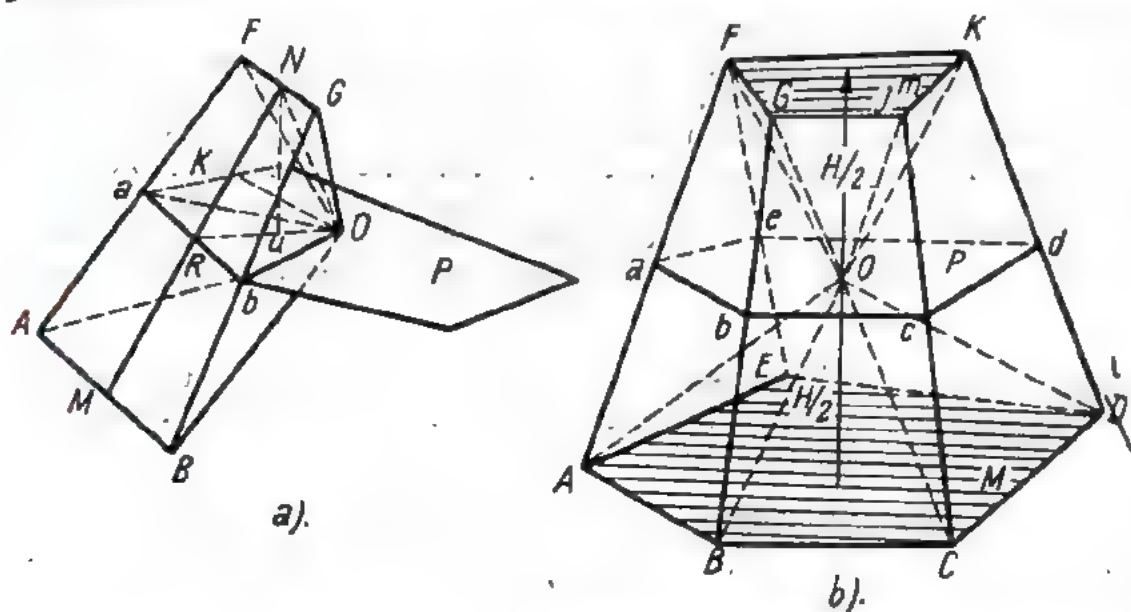


Fig. 256

Prizmatoid se numește un poliedru cu bazele paralele și cu un număr oarecare de laturi plane, fețe.

Poliedrul reprezentat în fig. 256, b este un prizmatoid, la care:

- m — suprafața bazei superioare;
- M — suprafața bazei inferioare;
- P — suprafața secțiunii medii;
- H — înălțimea.

Prizmatoidul este format dintr'o serie de piramide având vârful comun în O : două piramide verticale cu bazele în m și M și o serie de piramide laterale, ale căror baze sunt fețele laterale ale prizmatoidului. Una dintre piramidele laterale ($OABGF$) este reprezentată în fig. 256, a .

Rezultă că volumul total al prizmatoidului va fi egal cu suma volumelor piramidelor din care se compune.

Dacă v_1 este volumul piramidei cu baza M ,
 v_2 este volumul piramidei cu baza m ,
 v_3 este volumul piramidelor laterale și
 V este volumul total al prizmatoidului,

atunci

$$V = v_1 + v_2 + v_3.$$

Volumele v_1 , v_2 se determină simplu, și anume

$$v_1 = \frac{1}{3} \frac{H}{2} M = \frac{H}{6} M, \quad (a)$$

$$v_2 = \frac{1}{3} \frac{H}{2} m = \frac{H}{6} m. \quad (b)$$

Volumul v_3 al piramidelor laterale se determină ca suma volumelor piramidelor distincte.

Se va examina volumul piramidei laterale $OABGF$ (fig. 256, a).

Aici, $ABGF$ este baza piramidei,

\overline{O} — vârful ei,

\overline{Ok} — înălțimea piramidei,

\overline{ab} — linia medie a trapezului (baza),

\overline{Nu} — semiînălțimea prizmatoidului și MNO secțiunea plană verticală a piramidei, care trece prin înălțimea Ok .

Volumul acestei piramide v_3 este:

$$v_3' = \frac{1}{3} \overline{Ok} \cdot \overline{ab} \cdot 2NR$$

sau

$$v_3' = \frac{2}{3} \overline{OkNR} \cdot \overline{ab}.$$

Înșă, $\overline{Ok} \cdot \overline{NR}$ este dublul suprafeței triunghiului ORN ; însemnând suprafața acestui tringhi cu s , se poate scrie:

$$\overline{Ok} \cdot \overline{NR} = 2s.$$

Suprafața s poate fi exprimată, deasemenea, prin \overline{Nu} și \overline{OR} , și anume.

$$2s = \overline{Nu} \cdot \overline{OR} = \frac{H}{2} \cdot \overline{OR}.$$

Inseamnă că și

$$\overline{Ok} \cdot \overline{NR} = \frac{H}{2} \cdot \overline{OR}$$

Deaceia

$$v'_3 = \frac{2}{3} \frac{H}{2} \cdot \overline{OR} \cdot \overline{ab} = \frac{2}{3} H \cdot \Delta(Oab),$$

adică volumul piramidei laterale ($OABGF$) este egal cu produsul dintre $\frac{2}{3}$ din înălțimea prismatoidului și suprafața s . Desigur că expresia obținută pentru o piramidă laterală poate fi extinsă la totalitatea acestor piramide, exprimând astfel volumul v_3 al tuturor piramidelor laterale. În acest caz, înmulțitorul $\frac{2}{3} H$ rămâne comun, iar suprafața triunghiului Oab se va înlocui prin suma suprafețelor $\sum s$ adică prin suprafața secțiunii medii P a prismatoidului.

Astfel, volumul tuturor piramidelor laterale se va scrie sub forma următoare:

$$v_3 = v'_3 + v''_3 + \dots = \frac{2}{3} H [\underbrace{Oab + Obc + \dots}_P] = \frac{2}{3} HP.$$

Volumul total al prismatoidului se va determina ca sumă a volumelor tuturor piramidelor, adică:

$$\begin{aligned} V = v_1 + v_2 + v_3 &= \frac{1}{6} HM + \frac{1}{6} Hm + \frac{2}{3} HP = \\ &= \frac{1}{3} H \left[\left(\frac{M+m}{2} \right) + 2P \right]. \end{aligned} \quad (7.14)$$

Deseori, cea din urmă este prezentată sub forma:

$$V = \frac{H}{6} (M + m + 4P). \quad (7.15)$$

Dacă zăcămintul este conturat la diferite orizonturi prin lucrări miniere, este mai ușor să se calculeze volumul lui cu formula prismatoidului.

b) Corpuri delimitate de suprafețe curbe

Există multe metode de determinare a volumelor corpurilor delimitate de suprafețe curbe. Dintre acestea, cele mai folosite sunt următoarele:

1. metoda isohipselor a lui Bauman pentru corpuri cu grosimea constantă (strate, filoane);
2. formula lui Baumann pentru corpuri la care grosimea variază brusc (lentile, stocuri, etc.);
3. formula parabolei;
4. metoda secțiunilor verticale paralele;
5. metoda secțiunilor verticale neparalele;
6. metoda paletelor volumetrice a lui Sobolevski;
7. formula conoidului.

Metoda isohipselor. La grosimea constantă a zăcământului (strat, filon), volumul său este egal cu produsul suprafeței laterale a zăcământului prin grosimea medie m_{mediu} adică:

$$V = s \cdot m_{\text{mediu}} \quad (7.16)$$

Astfel, rezolvarea problemei se reduce în primul rând la determinarea suprafeței s , suprafața laterală a zăcământului, după formula cunoscută a lui Bauman, la care, ca bază de calcul, servește planul zăcământului în isohipse.

Determinarea volumelor corpurilor de minereu cu grosimea variabilă, se bazează pe metoda împărțirii lor prin sistemul secțiunilor orizontale sau verticale, în blocuri sau în fâșii separate, ale căror volume se determină independent.

Volumul total al zăcământului se obține prin însumarea volumelor blocurilor sau a fâșiilor separate.

Pentru ușurința soluționării unora din probleme, corpurile complexe sunt reprezentate grafic sub forma corpurilor proiectate pe planul de proiecție, adică printr'un sistem de isolinii ale prismelor, deseori verticale.

Să vedem întâi metoda bazată pe împărțirea corpurilor prin sistemul secțiunilor orizontale echidistante.

Formula lui Bauman. Fie reprezentat zăcământul pe plan, în isogrosimi (prin sistemul liniilor de grosime egală). Distanța dintre secțiuni este egală cu h (fig. 257, a).

Volumul total al zăcământului este egal cu suma volumelor fâșiilor separate, cuprinse între fiecare pereche de curbe de nivel vecine (isogrosimi). Rezolvarea problemei se reduce la determinarea volumului fâșiei.

Pentru analizare se ia fâșia zăcământului cuprins între secțiunile orizontale h și $2h$.

Se construiește secțiunea verticală a acestei fâșii după direcția MN . Judecând după secțiunea hașurată pe fig. 257, a , volumul fâșiei se poate considera ca fiind volumul v_1 al cilindrului construit pe

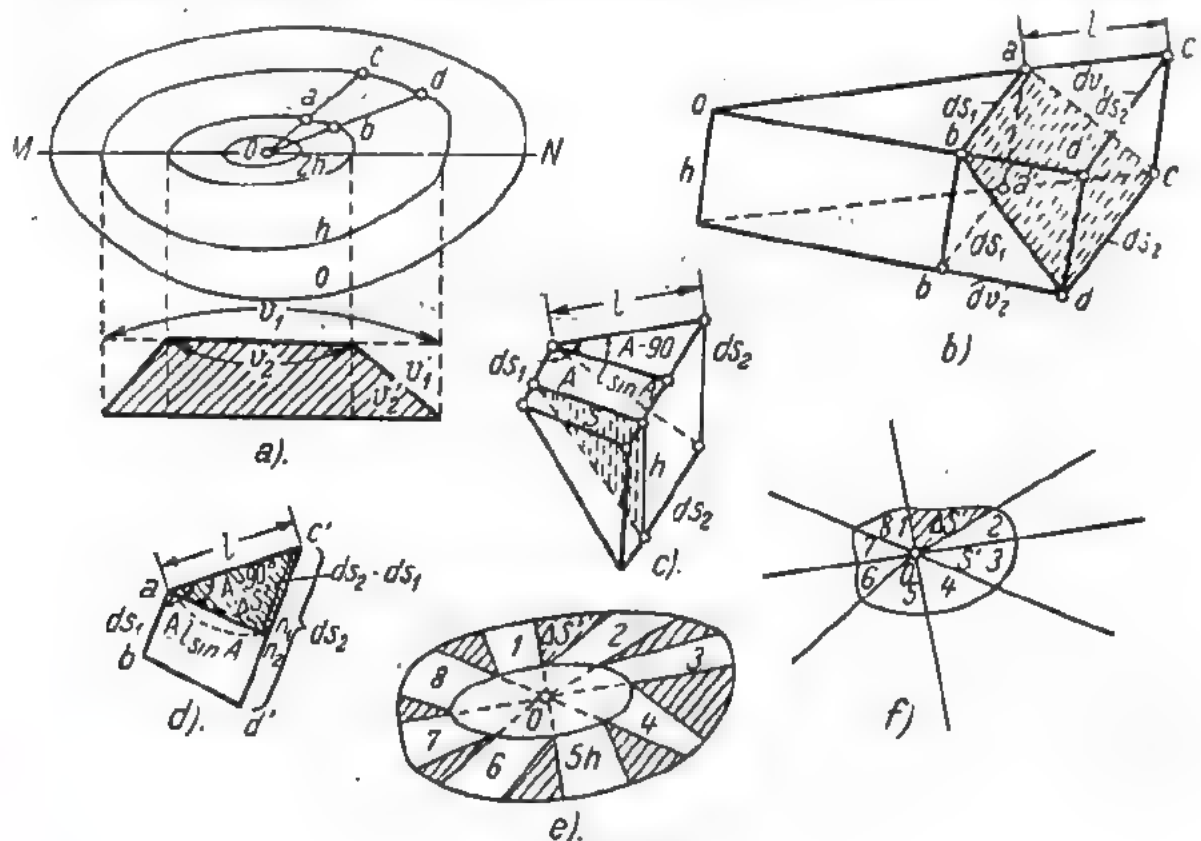


Fig. 257

curba de nivel h , fără volumul v_1' al inelului care cuprinde suprafața fâșiei. Același volum poate fi considerat ca fiind suma volumelor: volumul v_2 al cilindrului construit pe curba de nivel $2h$ și volumul v_2' al inelului care cuprinde suprafața fâșiei date.

Volumul fâșiei date este însemnat cu v . Conform celor precedente se poate scrie:

$$\begin{aligned} v &= v_1 - v_1' \\ v &= v_2 + v_2'. \end{aligned}$$

Se scrie v ca fiind media aritmetică a ambelor expresii

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2} - \frac{v_1' - v_2'}{2}. \quad (a)$$

Partea din dreapta a membrului al doilea se înseamnă cu k . Prin urmare

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2} - k. \quad (7.17)$$

Dacă $v_1' = v_2'$, atunci $k = 0$ și volumul fâșiei date se poate considera ca fiind volumul cilindrului cu înălțimea h , construit pe curba medie de nivel dintre cele date sau ca semisuma a doi cilindri cu înălțimea h , construite pe curbele de nivel date, h și $2h$.

Dacă $v_1' \neq v_2'$, atunci k va fi corecția care trebuie adăugită cu semnul minus la membrul I al părții din dreapta a expresiei (a).

Pentru determinarea corecției k , se ia pe fig. 257, *a* un element al fâșiei ocd și se reprezintă la o scară mai mare pe fig. 257, *b*. Aici, dv_1' este elementul inelului care cuprinde suprafața fâșiei, iar dv_2' este elementul inelului cuprins de suprafața fâșiei.

Din fig. 257, *b* rezultă că $dv_1' > dv_2'$, deoarece, pentru aceeași înălțime a corpurilor elementare, muchiile ds_2 sunt mai mari decât ds_1 . Se calculează valorile dv_1' , dv_2' și se determină diferența lor. Se ia elementul superior dv_1' , fig. 257, *b*, și se reprezintă separat pe fig. 257, *c*. Volumul său este egal cu produsul dintre secțiunea normală s și înălțimea medie (ca volumul prisme).

Suprafața secțiunii normale s a elementului dv_1' este egală cu semiprodusul dintre baza triunghiului și înălțimea sa, adică:

$$s = \frac{h \cdot l \sin A}{2}.$$

Înălțimea medie a elementului este

$$\frac{ds_1 + 2ds_2}{3}$$

și volumul

$$dv_1' = \frac{1}{3} \frac{h \cdot l \cdot \sin A}{2} (ds_1 + 2ds_2). \quad (b)$$

Desigur că, pentru elementul dv_2' suprafața secțiunii normale va fi aceeași ca și pentru elementul dv_1' și alta va fi înălțimea medie a elementului dv_2' egală cu

$$\frac{2ds_1 + ds_2}{3}.$$

Astfel, volumul dv_2' se va scrie sub forma:

$$dv_2' = \frac{1}{3} \frac{h \cdot l \cdot \sin A}{2} (2ds_1 + ds_2). \quad (c)$$

Diferența expresiilor (b) și (c) va fi

$$dv_1' - dv_2' = \frac{1}{3} \frac{h \cdot l \cdot \sin A}{2} (ds_2 - ds_1). \quad (d)$$

Rezultă că semidiferența $\frac{dv_1' - dv_2'}{2}$ pentru elementul dat, însemnată cu k' , se va exprima astfel:

$$k' = \frac{1}{6} h \frac{l \sin A (ds_2 - ds_1)}{2}. \quad (e)$$

Se va da interpretarea geometrică a înmulțitorului expresiei (e)

$$\frac{l \sin A (ds_2 - ds_1)}{2}$$

Pentru aceasta, în fig. 257, c se reprezintă separat muchia superioară $abd'e'$ a elementului dv_1' .

Se duce din punctul a segmentul an_2' paralel cu bd' , și se obține triunghiul an_2c' , în care segmentul $an_2 = l \sin A$ este înălțimea triunghiului, iar segmentul $n_2c' = ds_2 - ds_1$ este baza sa.

Suprafața triunghiului $\Delta s'$ se va scrie deci

$$\Delta s' = \frac{l \sin A (ds_2 - ds_1)}{2}. \quad (f)$$

Rezultă că, pentru elementul ocd al fâșiei (fig. 270, e), corecția k' este

$$k' = \frac{1}{6} h \cdot \Delta s'. \quad (g)$$

Extinzând relația (g) pe întreaga fâșie, se va obține corecția pentru volumul întregii fâșii. Ea se va scrie ca sumă a corecțiilor elementelor și anume,

$$k = \frac{1}{6} h \sum \Delta s' = \frac{1}{6} h s'. \quad (7.18)$$

Înlocuind k în egalitatea (a) și înlocuind v_1 și v_2 prin produsele corespunzătoare ale suprafețelor curbilor de nivel date cu înălțimea fâșiei, se obține formula de volum a fâșiei zăcământului cuprins între curbele de nivel h și $2h$:

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2} - \frac{1}{6} h s' = \frac{h}{2} \left[(s_1 + s_2) - \frac{1}{3} s' \right], \quad (7.19)$$

care, după numele autorului care a propus-o, se numește formula lui Bauman (1).

În această formulă, h este înălțimea fâșiei, iar s_1 și s_2 sunt suprafețele în conturul curbilor de nivel date și s' suprafața de corectare (fig. 257, e).

Cea din urmă se determină grafic.

Fig. 257, *e* reprezintă modul de a găsi suprafețele de corectare elementară $\Delta s'$ a căror sumă dă suprafața totală de corectură s' pentru fâșia zăcământului.

Pentru determinarea lui s' , nu trebuie să se construiască pe $\Delta s'$ și apoi să se facă suma lor, ci este destul ca pe plan (fig. 257, *d*) să se ducă, dintr'un punct oarecare O , razele $O-1$, $O-2$, etc., care sunt proiecțiile generatoarelor fâșiei în părțile caracteristice ale suprafeței laterale. În cazul acesta, suprafața laterală se ia ca suprafață liniară.

Suprafața de corectare s' se construiește separat lângă punctul O , luat arbitrar (fig. 257, *e*), prin translația paralelă (din fig. 257, *d*) a razelor de proiecție $O-1$, $O-2$, ..., etc.

După translație se iau din punctul O (fig. 257, *e*), în lungul razelor de proiecție construite, segmente egale cu segmentele corespunzătoare ale razelor (fig. 257, *d*), cuprinse între curbele de nivel date. După capetele segmentelor se duce o linie curbă, care conturează suprafața corectată s' .

Astfel, concluzia formulei lui Bauman (7.19) arată că:

1. volumul fâșiei dintre două curbe de nivel este egal cu volumul cilindrului, construit pe curba de nivel medie între curbele date, minus jumătate din conul de corecție; înălțimea cilindrului și a conului de corecție este comună și egală cu înălțimea fâșiei h (secțiunea curbelor de nivel);

2. necesitatea de a introduce această corecție în volumul fâșiei provine dela inegalitatea de volum a inelelor, care cuprind suprafața laterală a fâșiei.

Volumul întregului corp se determină prin însumarea fâșiilor lui separate (părților).

Determinarea practică a volumului zăcământului se face după schema:

1. se măsoară suprafețele S_1, S_2, \dots, S_n , cuprinse în interiorul curbelor de nivel corespunzătoare;

2. se construiesc suprafețele de corectare S' , pentru fiecare fâșie;

3. se calculează volumele fâșiilor;

4. se însumează volumul lor și se calculează volumul întregului zăcământ.

Rezultatele se înscriu în tabela 22 (înălțimea fâșiei $h = 1$ m).

Tabela 22

Formularul pentru calculul volumului după formula lui Bauman

Nr. crt.	Suprafața secțiunii zăcământului după curbele de nivel în diviziunile planimetrului	$S_k + S_{k+1}$ în diviziunile planimetrului	Corecția $1/3 S'$ în diviziunile planimetrului	$S_k + S_{k+1} - \frac{S'}{3}$ în diviziunile planimetrului	$S_k + S_{k+1} - \frac{S'}{3}$ m²	Volumul fâșiei v_k în m³
1	2	3	4	5	6	7
1	. . . 672	1 089 644 277	5	1 084	2 710	1 355
2	. . . 417		10	634	1 585	792
3	. . . 227		14	263	657	328
4	. . . 50		Volumul corpului V ≈ 2 475 2 470			

Valoarea corecției lui Bauman prezintă importanță practică numai în cazurile când zăcământul este studiat în detaliu prin lucrări geologice de explorare și prin lucrări miniere, adică atunci când există toate condițiile pentru determinarea precisă a volumului.

Deaceea, în multe cazuri se poate lua volumul fâșiei dintre două isohipse, ca volumul cilindrului construit pe isohipsa medie cu înălțimea h , egală cu înălțimea fâșiei și să se calculeze cu formula trapezului

$$v_k = -\frac{h}{2}(S_k + S_{k+1}).$$

Insumând volumul fâșiilor, se va obține următoarea formulă pentru volumul corpului:

$$v_0 = \frac{h}{2}(S_0 + S_1)$$

$$v_1 = \frac{h}{2}(S_1 + S_2)$$

$$\vdots$$

$$V = \frac{h}{2}(S_0 + 2S_1 + \dots + 2S_{n-1} + S_n). \quad (7.20)$$

În acest caz, lucrul efectuat cu determinarea volumului se ușurează mult, prin faptul că, măsurând suprafețele secțiunilor corpului după curbele de nivel și înmulțindu-le cu $\frac{h}{2}$ se obține deodată volumul întregului corp.

Formula parabolei. Dacă un zăcământ, complicat ca formă, este reprezentat prin isogrosimi (fig. 258) sau prin isohipse, volumul său este ușor de determinat cu formula parabolei, cunoscută din matematică:

$$V = \frac{h}{3} [(S_0 + S_n) + 4(S_1 + S_3 + \dots) + 2(S_2 + S_4 + \dots)]. \quad (7.21)$$

Prof. P. K. Sobolevski a prezentat deducția formulei (7.21), punând la baza ei formula pentru determinarea volumului prismatoidului (7.14), arătată mai sus.

Fie $S_0, S_1, S_2, \dots, S_n$ suprafețele secțiunilor zăcământului, după curbele de nivel (fig. 258).

În acest caz, volumul fâșiei dintre secțiunile S_0 și S_2 se poate imagina, ca fiind volumul prismatoidului cu un număr infinit de muchii, la care suprafețele bazelor vor fi S_0 și S_2 , iar suprafața secțiunii medii, S_1 ; adică:

$$v_1 = \frac{2h}{3} \left[\left(\frac{S_0 + S_2}{2} \right) + 2S_1 \right];$$

la fel volumul fâșiei dintre curbele de nivel S_2, S_4 va fi:

$$v_2 = \frac{2h}{3} \left[\left(\frac{S_2 + S_4}{2} \right) + 2S_3 \right] \text{ etc;}$$

Însumându-le, se obține formula parabolei arătată mai sus (7.21):

$$V = \frac{2h}{3} \left[\left(\frac{S_0 + S_4}{2} \right) + 2(S_1 + S_3 + \dots) + (S_2 + S_4 + \dots) \right],$$

sau

$$V = \frac{h}{3} [(S_0 + S_n) + 4(S_1 + S_3 + \dots) + 2(S_2 + S_4 + \dots)].$$

În cazul acesta (fig. 258), volumul se va exprima ca fiind:

$$V = \frac{0,5}{3} [(S_0 + S_6) + 4(S_1 + S_3 + S_5) + 2(S_2 + S_4)].$$

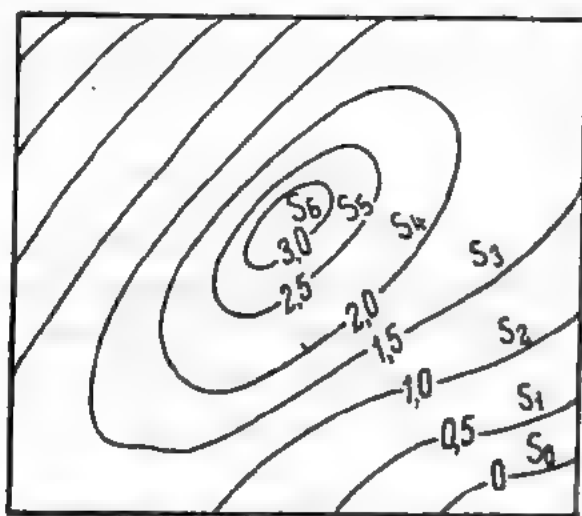


Fig. 258

Este ușor de văzut că, pentru aplicarea formulei (7.21), numărul fâșiilor trebuie să fie cu soț. La numărul fără soț al fâșiilor, volumul ultimei fâșii se va determina separat și se va aduna cu volumul celorlalte părți ale corpului, calculat cu formula (7.21).

Executarea practică este clară și nu necesită explicații.

Metoda secțiunilor verticale paralele. La baza determinării volumului cu metoda secțiunilor verticale paralele stă împărțirea corpurilor care trebuie de-

determinate, în mai multe părți, prin metoda secțiunilor verticale paralele.

Această metodă se aplică mai ales în cazurile, când lucrările de explorare se amplasează pe direcții paralele. Ca exemplu al unui asemenea amplasament poate servi fig. 259, unde sunt reprezentate, în plan, direcțiile de explorare I, II, III și secțiunea verticală prin

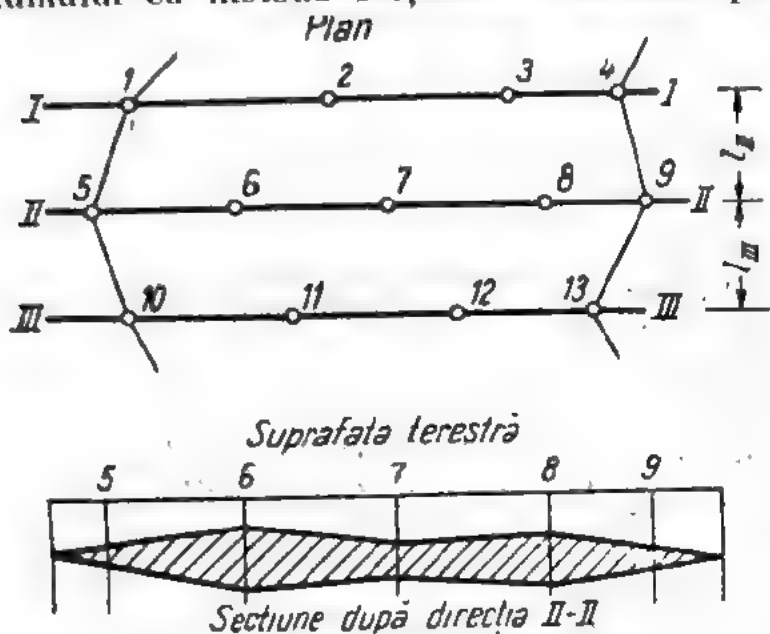


Fig. 259

zăcământ, după direcția II—II. Nu se exclude posibilitatea aplicării metodei și în cazul când lucrările de explorare sunt așezate oricum. În acest caz, se construiește în prealabil, după datele obținute dela explorare, planul zăcământului în isogrosimi și după acest plan se construiește apoi sistemul de secțiuni paralele verticale, cu ajutorul cărora se calculează volumul zăcământului.

Împărțirea zăcământului în blocuri și calculul volumului pentru fiecare bloc se fac în două feluri. În primul rând, blocurile se delimitează prin fiecare pereche de secțiuni verticale vecine, de exemplu blocul dintre secțiunea I și II, blocul dintre secțiunea II și III, etc., prin direcții de explorare (fig. 259). În al doilea rând, blocurile se separă de fiecare secțiune verticală (fig. 259).

Volumul fiecărei părți cuprinse între două secțiuni vecine se determină prin produsul dintre semisuma suprafețelor secțiunilor și distanța dintre ele

$$v_k = \left(\frac{S_k + S_{k+1}}{2} \right) l_k \quad (7.22)$$

Volumul blocului care gravitează la o direcție sau alta de explorare se calculează ca fiind produsul suprafeței secțiunii verticale

după această direcție, cu semisuma distanțelor dintre direcția dată și direcțiile vecine cu ea:

$$v_k = S_k \left(\frac{l_k + l_{k+1}}{2} \right). \quad (7.23)$$

Aici, S_k, S_{k+1} sunt suprafețele secțiunilor verticale paralele k și $k+1$ ale corpului de minereu

l_k — distanța dintre secțiuni;

k — numărul de ordine al secțiunii.

Volumul total al corpului se determină ca fiind suma volumelor diferitelor blocuri:

$$V = v_1 + v_2 + \dots + v_n. \quad (7.24)$$

Dacă distanțele dintre secțiuni sunt egale pe întregul zăcământ, și sunt egale cu l , volumul total al corpului se va exprima prin formula:

$$V = l \left(\frac{S_0}{2} + S_2 + S_3 + \dots + S_{n-1} + \frac{S_n}{2} \right). \quad (7.25)$$

Această formulă, după forma sa, este complet identică cu formula (7.20), la baza căreia stă metoda secțiunilor verticale paralele.

Expresia (7.25) reprezintă formula aproximativă în aceeași măsură ca și expresia (7.20).

La calculul volumului diferitelor blocuri cu formula (7.22), precizia poate fi mărită prin înlocuirea ei cu formula volumului trunchiului de piramidă (con):

$$v_k = \frac{l_k}{3} \left(S_k + S_{k+1} + \sqrt{S_k S_{k+1}} \right). \quad (7.26)$$

Însă aplicarea formulei (7.26) prezintă importanță practică numai în cazurile, când suprafața unei secțiuni este mai mare decât suprafețele secțiunii vecine, de două sau de mai multe ori.

Metoda secțiunilor verticale neparalele. Se tinde ca, din motivele unei organizări mai raționale a lucrărilor, direcțiile de explorare să fie perpendiculare pe direcția zăcământului.

În cazul când direcția zăcământului nu este o linie dreaptă, liniile de explorare se amplasează una față de alta sub diferite unghiuri, formând blocuri ale zăcământului explorat, de forme diferite.

De aceea, la calculul rezervelor, se pune problema determinării volumului zăcământului, în interiorul fiecărui bloc în parte. (12)

Fig. 260 reprezintă conturul unui zăcământ oarecare, explorat printr'un sistem de lucrări miniere, ales pentru cazul dat. Cele din urmă se amplasează atât pe direcții paralele cât și pe direcții neparalele. Determinarea rezervelor din blocurile cuprinse între sec-

țiuni verticale paralele s'a expus mai sus. Se vor arăta deci formulele după care se determină volumul zăcământului între secțiunile verticale neparalele.

Fie A, B (fig. 261) două planuri verticale, care formează, în prelungire, unghiul β și în care sunt cuprinse direcțiile de explorare corespunzătoare.

Aici, S_1, S_2 sunt suprafețele secțiunilor zăcământului în planele A, B .

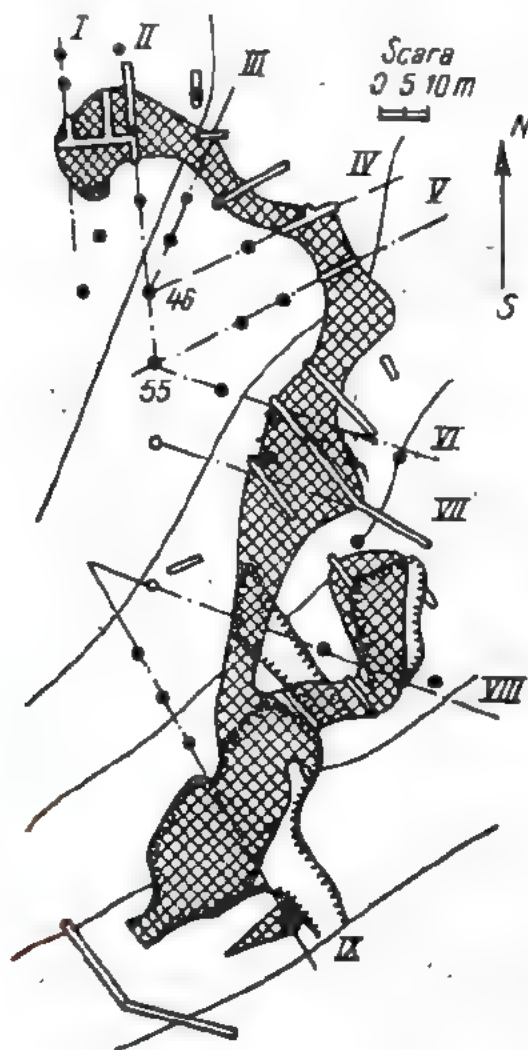


Fig. 260

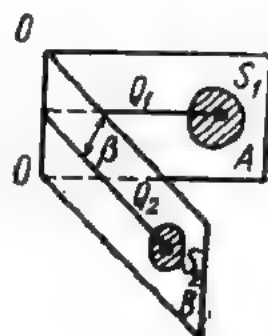


Fig. 261

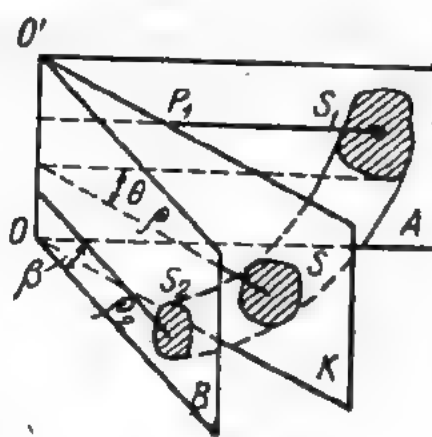


Fig. 262

Trebue să se admită că variația mărimii între două direcții de explorare vecine se face continuu și uniform.

În această condiție, valoarea S a unui plan oarecare intermediar K (fig. 262), între două plane date A, B , va depinde de mărimea unghiului θ , format de planele A, K , adică mărimea S pentru secțiunea K se va exprima prin formula:

$$S = S_1 + \frac{S_2 - S_1}{\beta} \theta. \quad (7.27)$$

Pornind de la expresia (7.27), variația mărimii S în sens geometric se poate lega de rotirea planului K în jurul liniei OO' , între planele date A, B .

Înainte de a rezolva problema determinării volumului blocului, se va examina determinarea volumului unui element infinit mic din bloc.

Volumul corpului format prin rotirea unei figuri plane S , cu un unghi infinit mic $d\theta$, este egal cu produsul dintre suprafața S și arcul descris de centrul de greutate al figurii, adică

$$dV = S \rho d\theta, \quad (7.28)$$

unde ρ este distanța centrului de greutate al figurii până la axa de rotire OO' .

În planul A , această distanță este egală cu ρ_1 , iar în planul B , cu ρ_2 . Variația distanței în intervalul indicat, se presupune, de asemenea, că este continuă și uniformă și prin urmare, corespunde expresiei

$$\rho = \rho_1 + \frac{\rho_2 - \rho_1}{\beta} \theta. \quad (7.29)$$

Mărimile S, ρ pentru unghiul infinit mic $d\theta$, se pot considera invariabile.

Volumul total al blocului, format de rotirea suprafeței S între două secțiuni verticale A, B se va exprima, în forma generală, printr-o integrală definită

$$V = \int_0^\beta S \rho d\theta, \quad (7.30)$$

unde θ variază de la 0° la β .

În baza celor arătate se obțin formule pentru determinarea practică a rezervelor blocului, cuprins între două secțiuni vecine, verticale, neparalele.

Se înlocuiesc mărimile S, ρ cu valorile lor.

$$\left(S_1 + \frac{S_2 - S_1}{\beta} \theta \right), \quad \left(\rho_1 + \frac{\rho_2 - \rho_1}{\beta} \theta \right)$$

Pentru simplificare se introduc notațiile:

$$\rho_2 - \rho_1 = a, \quad S_2 - S_1 = b.$$

În acest caz, vom avea:

$$V = \int_0^\beta \left[\left(\rho_1 + \frac{a\theta}{\beta} \right) \left(S_1 + \frac{b\theta}{\beta} \right) \right] d\theta. \quad (7.31)$$

Făcând unele transformări necesare și scoțând $\frac{1}{\beta^2}$ în fața semnului integral, se obține:

$$V = \frac{1}{\beta^2} \int_0^\beta \left[\rho_1 S_1 \beta^2 + (S_1 a + \rho_1 b) \beta^0 + ab \beta^2 \right] d\theta. \quad (7.32)$$

După integrarea expresiei (7.32), se obține:

$$V = \frac{1}{\beta^2} \left[\rho_1 S_1 \beta^2 \theta + (S_1 a + \rho_1 b) \beta \frac{\theta^2}{2} + ab \frac{\theta^3}{3} \right] \Big|_0^\beta =$$

$$= \frac{1}{\beta^2} \left[\rho_1 S_1 \beta^3 + (S_1 a + \rho_1 b) \frac{\beta^3}{3} + ab \frac{\beta^3}{3} \right] = \frac{\beta}{6} (6\rho_1 S_1 + 3S_1 a + 3\rho_1 b + 2ab).$$

Înlocuind a și b cu valorile lor, vom avea:

$$V = \frac{\beta}{6} (6\rho_1 S_1 + 3S_1 \rho_2 - 3\rho_1 S_2 - 3S_1 \rho_1 - 3S_1 \rho_1 +$$

$$+ 2\rho_2 S_2 - 2\rho_1 S_2 - 2\rho_2 S_1 + 2\rho_1 S_1).$$

sau definitiv

$$V = \frac{\beta}{6} \left[\rho_1 (2S_1 + S_2) + \rho_2 (2S_2 + S_1) \right]. \quad (7.33)$$

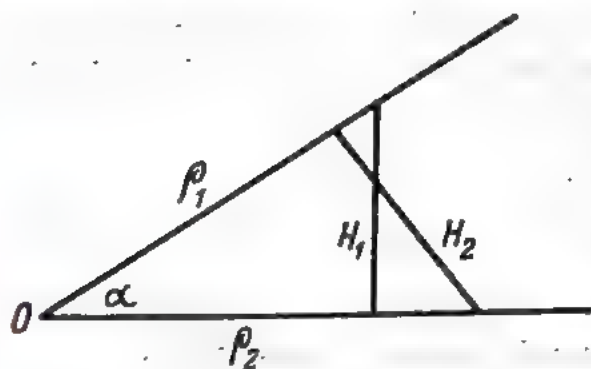


Fig. 263

Formula (7.33) este expresia pentru determinarea practică a volumului blocului dintre două secțiuni verticale, neparalele.

În ultima formulă, cum rezultă din fig. 263, razele de rotație ρ_1 , ρ_2 pot fi înlocuite cu perpendicularele H_1 , H_2 , coborâte din centrele de greutate ale secțiunilor zăcământului, pe liniile vecine ale sec-

țiunilor și legate corespunzător cu razele ρ_1 , ρ_2 , respectiv cu relațiile:

$$\rho_1 = \frac{H_1}{\sin \beta}, \quad \rho_2 = \frac{H_2}{\sin \beta}.$$

În acest caz, formula (7.33) va lua următoarea formă:

$$V = \frac{\beta}{6 \sin \beta} \left[H_1 (2S_1 + S_2) + H_2 (2S_2 + S_1) \right]. \quad (7.34)$$

La calculul volumului blocului cuprins între secțiunile verticale neparalele, după formulele (7.33) și (7.34), datele de plecare sunt: suprafețele (S_1 și S_2) ale secțiunilor în zăcământ, în planele secțiu-

nilor, razele (ρ_1 și ρ_2) sau perpendicularele (H_1 și H_2) arătate mai sus și unghiul β dintre direcțiile de explorare. Unghiul β se ia grafic de pe planul de explorare, se măsoară cu raportorul și, în formulă, este exprimat în radiani.

Pentru determinarea razei ρ sau a lui H , se cere să se găsească centrul de greutate al suprafeței S a secțiunii zăcământului. Dacă suprafața S se apropie ca formă, de figurile geometrice regulate, triunghi, trapez, patrulater, etc., centrul de greutate se determină după regulile cunoscute din geometrie.

În practică, la calculul rezervelor, secțiunile zăcământului vor fi reprezentate, mai des, prin conture mai complicate, decât figurile geometrice regulate. În acest caz, pentru determinarea centrului de greutate al secțiunii, se recomandă metoda grafico-analitică, bazată pe teorema: „raportul sumei momentelor statice ale fâșiilor elementare ale secțiunii față de o axă oarecare în planul secțiunii, este egal cu distanța centrului de greutate al secțiunii dela această axă”.

În fig. 264, fie dată suprafața S a unui contur neregulat, care reprezintă secțiunea corpului în plan vertical. Direcția acestuia din urmă se ia drept axa ox . Se împarte suprafața S în pătrate, printr'un sistem de drepte paralele și perpendiculare pe axa ox . Se obține produsul nx al patratelor dintr'o fâșie sau alta, perpendiculară pe axa ox , la distanțele corespunzătoare centrelor fâșiilor până la o axă oarecare KK_1 . Raportul sumei lor, la suprafața S a secțiunii, va determina distanța căutată (x_0) dela centrul de greutate al secțiunii, până la axa KK_1 .

$$x_0 = \frac{\sum nx}{S} \quad (7.35)$$

Cunoscând distanța c dela axa KK_1 până la linia de intersecție a secțiunilor verticale neparalele (fig. 264), se va găsi, simplu, raza de rotație ρ în secțiunea dată.

$$\rho = c + x_0 \quad (7.36)$$

În fine, având poziția proiecției centrului de greutate al secțiunii pe linia secțiunii, se poate găsi, grafic, mărimea H a perpendicularei

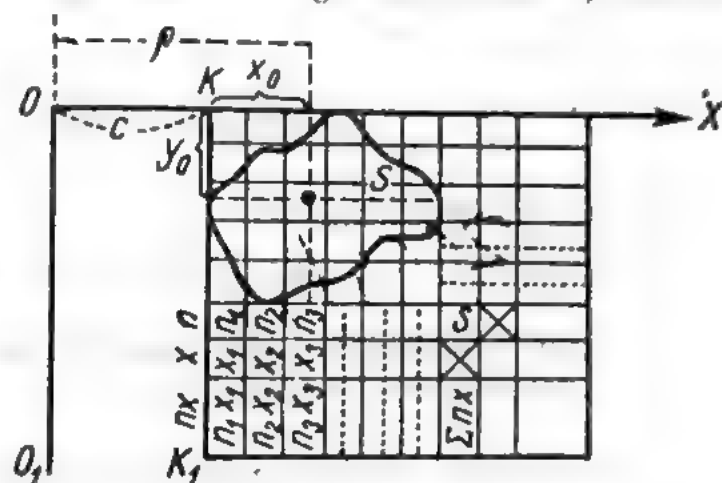


Fig. 264

coborâte din acest punct pe linia secțiunii vecine, verticale, neparalele, care este legată cu raza de rotație ρ prin relația

$$H = \rho \sin \beta. \quad (7.37)$$

În practică, la determinarea centrului de greutate al secțiunilor, se folosește, deseori rețeaua de coordonate cu latura pătratului de 0,5 cm, trasată pe hârtie transparentă. Folosirea ei permite să se găsească centrul de greutate al figurii pe hârtie, cu destulă precizie (0,5—1,0 mm).

Unghiul β dintre secțiunile neparalele se măsoară pe plan cu raportorul.

Se dă mai jos exemplul (12) de determinare a volumului unui bloc de zăcământ, cuprins între două secțiuni verticale, vecine, neparalele (S_1, S_2) după formula

$$v = \frac{\beta_{\text{rad}}}{6} [\rho_1 (2S_1 + S_2) + \rho_2 (2S_2 + S_1)].$$

Datele de plecare sunt:

$$S_1 = 30,0 \text{ m}^2, S_2 = 105,0 \text{ m}^2, \rho_1 = 10,0 \text{ m}, \rho_2 = 16,0 \text{ m}, \beta = 41^\circ.$$

Calculul volumului v al blocului este bine să se facă după o schemă determinată (tabela 23).

Tabela 23

Formularul pentru înscrierea datelor la calculul volumelor în cazul secțiunilor neparalele

1	β_{rad}	0,716	6	$2S_2$	210
2	$\frac{\beta_{\text{rad}}}{6}$	0,1193	7	$2S_2 + S_1$	240
3	$2 S_1$	60	8	$b = \rho_2 (2S_2 + S_1)$	3 840
4	$2S_1 + S_2$	165	9	$a + b$	5 490
5	$a = \rho_1 (2S_1 + S_2)$	1 650	10	$v = \frac{\beta_{\text{rad}}}{6} (a + b)$	635

Cu formula (7.33) sau cu formula analoagă ei (7.34) trebuie să se calculeze în cazurile când S_1, S_2, ρ_1, ρ_2 diferă după valorile lor. Diferența mare dintre valori se întâlnește mai ales la S_1 și S_2 . Dacă una dintre suprafețe este de două ori mai mare sau mai mică decât

cealaltă, se poate folosi, la determinarea volumului, formula de aproximație și anume:

$$V = \beta \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) \left(\frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \right) \text{ sau } V = \frac{\beta}{\sin \beta} \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) \left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right), \quad (7.38)$$

unde suprafața secțiunii și raza rotajici se iau ca media aritmetică dintre două mărimi.

Formula (7.38), față de formula (7.33) dă eroarea absolută la determinarea volumului:

$$\Delta V = \frac{\beta}{12} (S_1 - S_2) (\rho_1 - \rho_2). \quad (7.39)$$

Astfel, în exemplul arătat mai sus, determinarea volumului cu formula de aproximație dă o eroare relativă, care reprezintă câteva procente din volum, adică o eroare admisibilă în calcul. Dacă în același exemplu se ia S_1 egal cu 80 m^2 , iar celelalte date de plecare sunt lăsate neschimbate, volumul calculat cu formula de aproximație dă o valoare admisibilă a erorii relative.

La unghiuri β mici între secțiunile convergente, raportul $\frac{\beta}{\sin \beta}$ din formula (7.38) se apropie de unitate, $V = \frac{\beta}{\sin \beta} \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) \left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right)$, deaceia, formula poate fi și mai mult simplificată, adică

$$V = \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) \left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right). \quad (7.40)$$

Pentru secțiuni paralele $\beta = 0^\circ$, $H_1 = H_2 = H$ și formula (7.38) se va scrie $V = \frac{S_1 + S_2}{2} H$, adică egală cu expresia (7.22), după care se execută calculul volumelor blocului, cuprins între secțiunile paralele verticale.

Metoda abacei (paletelor) volumetrică. Aplicarea acestei metode la determinarea volumului a fost propusă de prof. P. K. Sobolevski.

Metoda constă în următoarele: se împarte corpul cu ajutorul paletelor patrute într-o serie de prisme verticale secționate oblice, cu bazele patrute egale. Volumul fiecărei prisme se determină ca fiind produsul bazei indicate cu înălțimea ei medie. Cea din urmă va corespunde, desigur, înălțimii punctului mediu (centrului) al prisme. Suma volumelor prismelor dă volumul total al corpului.

Fig. 265 reprezintă corpul de minereu în isogrosimi. Pe el se așează, cu orientare liberă, paleta cu latura patrului egală cu 1 cm. La fiecare centru al patrului, corespunde un sector al corpului, prisma

cu baza patrată, egală, pe plan, cu 1 cm^2 , și cu înălțimea medie egală cu grosimea verticală a corpului, în centrul bazei prisme. De exemplu, în punctul K , înălțimea acestei prisme (baza hașurată) este de 2,60 m.

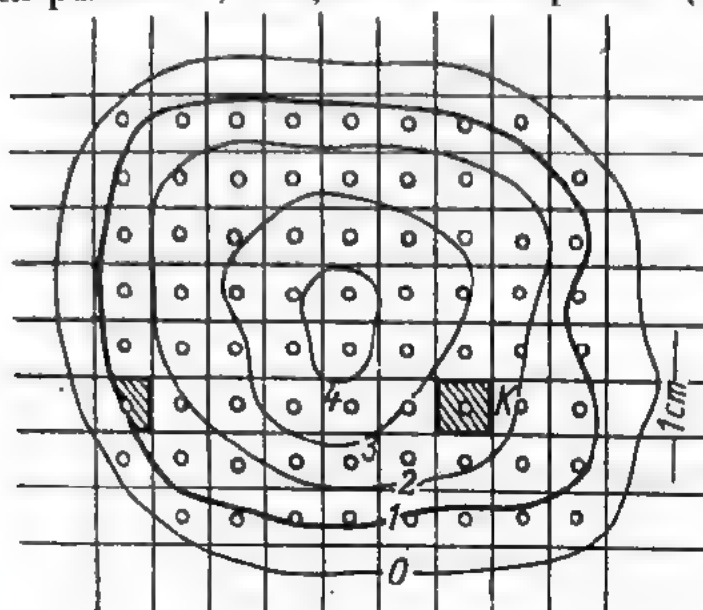


Fig. 265

Deoarece bazele S ale tuturor prismelor sunt egale, pentru calculul volumului total al întregului corp, este destul să se însumeze înălțimile h ale prismelor (grosimile verticale ale corpului după toate punctele paletii în limitele conturului corpului) și $\sum h$ obținută să fie înmulțită cu mărimea constantă S , suprafața bazei prisme, adică:

$$V = S \sum h. \quad (7.41)$$

Pentru însumarea grosimilor verticale ale corpului, pentru poziția dată a paletii, se întocmește următoarea tabelă:

	1	2	3						Σ
1'									Σ_1
2'									Σ_2
3'									Σ_3
Σ	Σ_1	Σ_2	Σ_3						Σ

Este mai bine ca înscriserea grosimilor în tabelă să se facă după liniile paletii. Pentru control, însumarea lor se face pe coloane verticale și orizontale. Dimensiunile tablei se determină prin numărul punctelor paletii, cuprinse în conturul corpului. Volumul corpului trebuie să se determine la cel puțin două poziții ale paletii și pentru diferențe admisibile de 1—2% a rezultatelor calculului, din care se

ia media. Distanța dintre punctele paletei se ia în funcție de variația formei și a mărimii zăcământului, egală cu 0,5, 1,00 și 2,0 cm.

Fie $\sum h = 216,5$ m, distanța dintre punctele paletei, 1 cm și scara planului, 1/1000; atunci volumul corpului calculat va fi

$$V = \frac{216,5 \times 1,0 \times 1000^2}{100^3} = 21\,650 \text{ m}^3.$$

Comparând metoda paletei volumetrica cu alte metode de determinare a volumelor, se obțin diferențe admisibile (1—2%). Astfel, metoda prin simplitatea ei dă rezultate satisfăcătoare. Desavantajul ei față de celelalte metode este greutatea destul de mare în execuție.

După cum rezultă din cele expuse, pentru determinarea volumului după formulele lui Bauman și după formula parabolei și cu ajutorul paletei lui Sobolevski este nevoie de reprezentarea corpului în isohipse sau în isogrosimi.

Exactitatea determinării volumului unui corp astfel reprezentat este, pentru diverse metode, diferită.

Fără să se țină seamă de corespondența corpului reprezentat cu corpul în natură se poate observa, că cele mai bune rezultate trebuie să le dea formula parabolei, deoarece determinarea ei este bazată pe imaginea suprafeței care delimitează corpul, adică pe o suprafață curbă de ordinul al doilea, de tipul parabolic.

Formula lui Bauman se bazează pe imaginarea suprafeței care delimitează corpul, ca fiind o suprafață liniară. Calculul volumului cu această formulă, fără a introduce o corecție, o reduce la formula trapezului. Calculul volumului cu ajutorul paletei se bazează pe împărțirea corpului în poliedre, prisme verticale, secționate oblic. Metoda secțiunilor verticale, având nevoie de reprezentarea prealabilă a corpului în isolinii, cere distribuirea punctelor de explorare pe direcții.

Formula conoidului. Dacă zăcământul afloră sau este deschis la un orizont oarecare și este străpuns pe înclinare cu o sondă, ceea ce se întâmplă deseori la explorarea zăcământului exploatat în adâncime, — rezerva substanței minerale utile în unități de volum se calculează cu formula conoidului.

Fie în fig. 266, *a*, reprezentat în plan, conturul zăcământului, la orizontul lucrărilor miniere. Suprafața conturului este egală cu *S*. Prin punctul *A*, care se află pe același orizont, trece sonda perpendicular pe direcția zăcământului, trasată după un unghi δ_0 , față de planul orizontal. Unghiul de înclinare al zăcământului este egal cu δ . În fig. 266, *b* este reprezentată secțiunea verticală a zăcământului

care trece prin sondă. Punctele M , N sunt punctele de intrare și de ieșire a sondei din zăcământ, iar l este adâncimea pe înclinare a sondei, dela orizontul S , până la punctul de întâlnire a sondei cu zăcământul.

În fig. 267 este dată vederea generală care cuprinde elementele secțiunii orizontale și verticale. Aici $BCDE$ este conturul zăcământului la orizontul lucrărilor, punctul A este urma sondei la același orizont. Din punctul A se duc două tangente AB , AD la conturul sec-

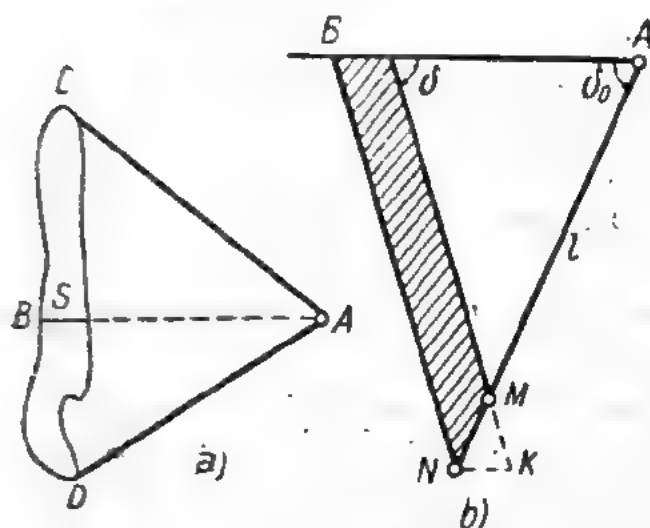


Fig. 266

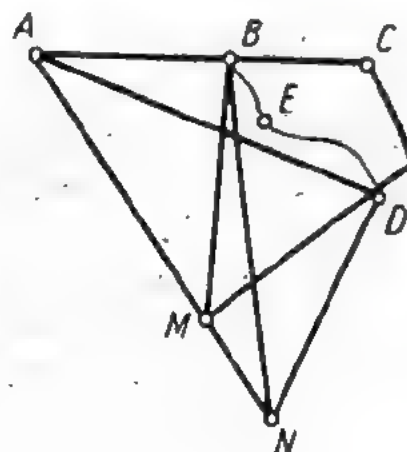


Fig. 267

țiunii zăcământului. Punctele B , D se unesc cu punctele M , N . Se reprezintă corpul limitat de două suprafețe conice, $NBED$ cu vârful în punctul N și $MBCD$ cu vârful în punctul M , prin două triunghiuri MBN , MDN și conturat, deasemenea de suprafața $BCDE$. Acesta se numește conoid.

Cam rezultă din fig. 267, volumul corpului este egal cu diferența volumelor a două conuri, unul cu baza $ABCD$ și cu vârful în punctul N , iar altul cu baza $ABED$ și vârful în punctul M .

Astfel, volumul conoidului se va determina din expresia:

$$V = V_1 - V_2 = \frac{1}{3} S_1 l_1 \cdot \sin \delta_0 - \frac{1}{3} S_2 l_2 \sin \delta_0 = \frac{1}{3} \sin \delta_0 (S_1 \cdot l_1 - S_2 \cdot l_2 \dots) \quad (7.42)$$

în care: S_1 este suprafața $ABCD$;

S_2 — suprafața $ABED$;

l_1 — lungimea pe înclinare a sondei AN ;

l_2 — lungimea pe înclinare a sondei AM ;

δ_0 — unghiul de înclinare al sondei.

3. DETERMINAREA VALORILOR MEDII ALE INDICILOR ZĂCĂMANTULUI (GROSIMEA, GREUTATEA VOLUMETRICĂ ȘI CONȚINUTUL COMPONENTILOR UTILI)

În formulele rezervei substanței minerale utile dintr'un sector oarecare

$V = S \cdot m_{\text{mediu}}$ este rezerva în unități volumetrice;

$Q = V \cdot R_{\text{mediu}}$ — rezerva substanței minerale utile în unități de greutate;

$P = Q \cdot c_{\text{mediu}}$ — rezerva componentului util în funcție de greutate.

Că mărimi de bază intră valorile medii ale grosimii, greutatea în volum și conținutul componentului util.

Valorile medii ale indicilor arătați pot să se refere la un abataj separat, la un bloc, la un sector de zăcământ sau la zăcământ, în totalitatea lui.

Valorile medii ale grosimii, greutateii volumetrice și ale conținutului se determină pe cale grafică sau analitică. Metoda grafică este comodă, atunci când se determină valorile medii ale măsurilor indicate pentru abataje separate, sau pentru liniile unităților de explorare.

Ca exemplu al acestei metode poate servi determinarea conținutului mediu după suprafața delimitată de „curba conținutului”.

Grosimea medie și greutatea volumetrică medie se pot determina, ca și conținutul mediu, prin metoda grafică.

Pentru determinarea valorii medii a mărimilor indicate, afară de metoda grafică, există metode de calcul analitice. Mai jos, la analiza metodelor distincte pentru calculul rezervelor, aplicabil la fiecare dintre ele, se va insista asupra acestor metode. În acest caz trebuie să se indice că la baza lor stau două metode de calcul: a) metoda mediei aritmetice și b) metoda mediei ponderate.

Rezultă că grosimea medie a zăcământului sau a părții lui se poate determina cu formulele:

$$m_{\text{mediu}} = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n} = \frac{\sum m}{n}, \quad (7.43)$$

$$m_{\text{mediu}} = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2 + \dots + m_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n} = \frac{\sum ml}{\sum l}, \quad (7.44)$$

În care m_1, m_2, \dots, m_n sunt grosimile în diferite puncte, iar l_1, l_2, \dots, l_n — intervalele la care corespund grosimile arătate mai sus. Drept ponderi pot servi, afară de l , suprafețele cărora corespund grosimile.

Grosimea medie m_{mediu} se calculează cu formula (7.43) în cazurile când:

- a) grosimea variază puțin de la un punct al zăcământului la altul, sau
- b) punctele (din afloriment sau abataje) cu grosimile măsurate se distribuie uniform, sau
- c) se cere un calcul aproximativ.

În alte condiții și cerințe față de rezultatele calculului, grosimea medie m_{mediu} se determină cu formula ponderii medii, după formula (7.44).

Valoarea medie a greutateii volumetrice se calculează ca medie aritmetică

$$R_{mediu} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} = \frac{\sum R}{n} \quad (7.45)$$

sau ca medie volumetrică:

$$R_{mediu} = \frac{R_1 m_1 + R_2 m_2 + \dots + R_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \frac{\sum Rm}{\sum m} \quad (7.46)$$

În fine, valorile medii ale conținutului componentului util se calculează cu formulele:

$$c_{mediu} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_n}{n} = \frac{\sum c}{n}; \quad (7.47)$$

$$c_{mediu} = \frac{c_1 m_1 R_1 + c_2 m_2 R_2 + \dots + c_n m_n R_n}{m_1 R_1 + m_2 R_2 + \dots + m_n R_n} = \frac{\sum cmR}{\sum mR} \quad (7.48)$$

Formula (7.48) se numește formula mediei gravimetrice. La variații mici ale lui R , în loc de greutăți la determinarea lui c_{mediu} se pot lua grosimile măsurate, suprafețe sau volume, la care se referă determinările separate ale componentului util.

CAPITOLUL VIII

METODE PENTRU CALCULUL REZERVEI

În funcție de forma și de condițiile de așezare a zăcământului, de variația conținutului componentului util, de distribuția și numărul punctelor de explorare, se folosesc diferite metode de calcul al rezervelor.

Cele mai cunoscute sunt următoarele:

1. metoda mediei aritmetice,
2. metoda isohipselor,

3. metoda triunghiurilor,
4. metoda poligoanelor,
5. metoda blocurilor,
6. metoda secțiunilor verticale,
7. metoda isoliniilor.

Cu toate că metodele enumerate rezultă din condițiile geologice și din metodele de explorare a zăcămintelor de substanțe minerale utile, ele nu epuizează toate metodele de calcul al rezervelor. Deaceia, în practica calculului nu este exclusă posibilitatea de aplicare a altor metode. Însă metodele arătate mai sus, sunt metode de bază și acceptate în unanimitate. Urmează o scurtă caracterizare a acestor metode.

§ 1. METODA MEDIEI ARITMETICE

Această metodă de calcul este cea mai simplă, cea mai rapidă și în același timp, cea mai precisă.

Fie executate pe suprafața zăcămintului n lucrări de explorare, în baza cărora s'a construit conturul interior și exterior al zăcămintului (fig. 268). Cu aceste contururi, zăcămintul s'a împărțit în două: suprafața conturului interior și suprafața fâșiei dintre conture. Calculul rezervelor se face separat, deoarece intervine gradul de explorare diferit al rezervelor.

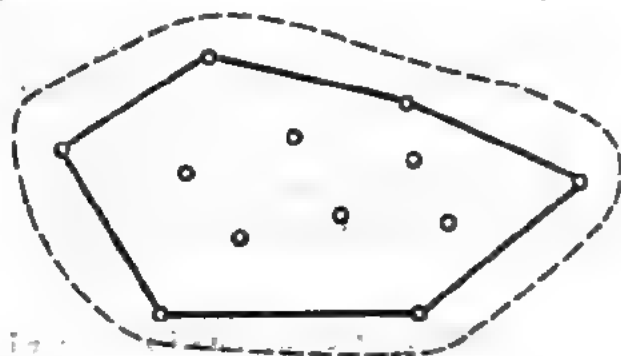


Fig. 268

Se introduc notațiile:

- S_1 — suprafața conturului interior;
- S_2 — suprafața fâșiei dintre conture;
- n — numărul lucrărilor miniere în limitele conturului interior și de pe conturul însuși;
- K — numărul lucrărilor miniere pe linia conturului interior;
- $V_1 Q_1 P_1$ — volumul, greutatea minereului și greutatea metalului, în limitele S_1 ;
- $V_2 Q_2 P_2$ — volumul, greutatea minereului și greutatea metalului în limitele S_2 .

Să se execute calculul rezervelor în limitele conturului interior și ale fâșiei dintre contururi. Calculul se face în ordinea următoare:

A. Pentru conturul interior

1. Măsurarea suprafeței S_1 .
2. Determinarea grosimii m_{med} pentru suprafață:

$$m_{med} = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n} \quad (8.1)$$

3. Determinarea volumului V_1 :

$$V_1 = S_1 \cdot m_{med} \quad (8.2)$$

4. Determinarea rezervei de minereu în greutate:

$$Q_1 = V_1 \cdot R_{med} \quad (8.3)$$

unde

$$R_{med} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \quad (8.4)$$

5. Determinarea rezervei de metal, în greutate,

$$P_1 = Q_1 \cdot c_{med} \quad (8.5)$$

unde

$$c_{med} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_n}{n} \quad (8.6)$$

Pentru variații mari ale grosimii, c_{med} și R_{med} trebuie să se calculeze media ponderată a grosimii.

B. Pentru fâșia cuprinsă între conture

1. Măsurarea suprafeței S_2 .
2. Determinarea grosimii medii pentru suprafața S_2 :

$$m'_{med} = \frac{m'_1 + m'_2 + \dots + m'_k}{2k} \quad (8.7)$$

(numărul $2k$ de la numitor este condiționat de faptul că, fiecărui punct din conturul interior, care are o grosime determinată, îi corespunde un punct de pe conturul exterior, care are grosimea zero).

3. Determinarea volumului V_2 :

$$V_2 = S_2 \cdot m'_{med} \quad (8.8)$$

4. Determinarea rezervei de minereu în greutate:

$$Q = V_2 \cdot R'_{med} \quad (8.9)$$

unde

$$R'_{med} = \frac{R'_1 + R'_2 + \dots + R'_k}{k} \quad (8.10)$$

5. Determinarea lui P_2 :

$$P_2 = \frac{Q_2 \cdot c'_{med}}{100} \text{ sau } P_2 = Q_2 \cdot c'_{med}, \quad (8.11)$$

unde

$$c'_{med} = \frac{c'_1 + c'_2 + c'_3 + \dots + c'_k}{k}$$

Pentru variații mari ale grosimii c'_{med} și R'_{med} , urmează să se calculeze media ponderată a grosimii.

Rezerva totală a zăcămintului se va obține prin însumarea rezervei din conturul interior și a rezervei din fâșia cuprinsă între contururi.

După această metodă, eroarea de calcul în ce privește rezultatul depinde de variațiile lui m , R și c , de gradul de uniformitate al distribuției și de numărul unităților de explorare.

La un număr mare de date și la o variație neînsemnată a indicilor m , R și c , se obțin rezultate de calcul satisfăcătoare.

Desavantajul principal, al metodei mediei aritmetice, constă în imposibilitatea evidențierii, la calculul rezervelor, a categoriilor și a subdiviziunilor în care se încadrează, după gradul de explorare, după calitatea substanței minerale utile și după alți indici.

§ 2. METODA ISOHIPSELOR

Această metodă a fost propusă de V. I. Bauman, pentru calculul rezervelor zăcămintelor carbonifere din regiunea bazinului Donet, adică pentru zăcămintele stratiforme, care au o grosime uniformă a straturilor și o suprafață complexă.

Metoda constă în următoarele:

Se determină suprafața S după planul hipsometric al stratului (7.6):

$$S = \sqrt{B^2 + C^2}, \quad (8.12)$$

unde S este suprafața stratului cuprinsă între două isohipse vecine;

B — suprafața proiecției acelei suprafețe pe plan orizontal (se determină cu planimetrul);

C — suprafața cilindrului construit pe isohipsa medie (l_0), cu înălțimea h . Isohipsa se determină din expresia:

$$l_0 = \frac{l_1 + l_2}{2} \quad (8.13)$$

în care l_1 , l_2 sunt lungimile isohipselor, între care se cuprinde suprafața. Lungimea isohipselor se măsoară cu curbimetrul.

Suprafața C se calculează cu formula:

$$C = h \cdot l_0 \quad (8.14)$$

Printr-o metodă sau alta, se calculează grosimea medie (m_{med}) a stratului, după care rezerva în unități de volum se găsește prin produsul suprafeței S a stratului, cu grosimea lui medie (m_{med}).

$$V = S \cdot m_{med} \quad (8.15)$$

Înmulțind V cu greutatea volumetrică medie (R_{med}) a cărbunelui, se obține rezerva în greutate.

În sectoarele cu dimensiuni limitate, sau în condiții corespunzătoare de zăcământ, suprafața stratului descris poate fi considerată plană.

În acest caz, rezerva cărbunelui dintr-un strat sau altul se va exprima în mărimi de volum prin formula:

$$V = S_n \cdot m_{med} \quad (8.16)$$

în care S_n este suprafața sectorului în planul stratului;

m_{med} — valoarea medie a grosimii stratului.

Mărimea S_n se va determina, deasemenia, din relația:

$$S_n = \frac{S_0}{\cos \delta} \quad (8.17)$$

în care S_0 este suprafața sectorului în plan;

δ — unghiul de înclinare al stratului.

§ 3) METODA TRIUNGHIURILOR

Se împarte zăcământul în prisme triunghiulare oblice. Bazele lor superioare și inferioare sunt triunghiuri, în vârfurile cărora se situează lucrările miniere de explorare. Muchiile laterale ale prismelor sunt grosimile verticale după lucrările miniere de explorare. Se presupune că grosimea, greutatea volumetrică și conținutul variază treptat, dela un vârf la altul al triunghiului.

Calculul rezervelor se face, pentru fiecare prismă în parte. Pentru obținerea rezervei totale, se însumează rezervele prismelor.

În vederea calculului, suprafața zăcământului se împarte într-o rețea de triunghiuri (fig. 269), prin unirea cu drepte a punctelor de explorare respective. În această operație, se tinde ca suprafața conturului interior al zăcământului să fie împărțită în triunghiuri, care să se apropie de forma echilaterală.

Dacă conturul zăcămintului trece în afara lucrărilor miniere, prin punctele de grosime zero sau de grosime industrială minimă, atunci fâșia cuprinsă între contururi se împarte în triunghiuri echilaterale, care au laturile pe conturul interior, iar vârfurile pe conturul exterior (fig. 269).

Volumul prisme triunghiulare secționată oblic este egal cu produsul dintre suprafața bazei și $\frac{1}{3}$ din înălțimea sa.

Volumul și rezervele prismelor din fâșia dintre conture se calculează la fel, ținând seamă de grosimile conturului exterior.

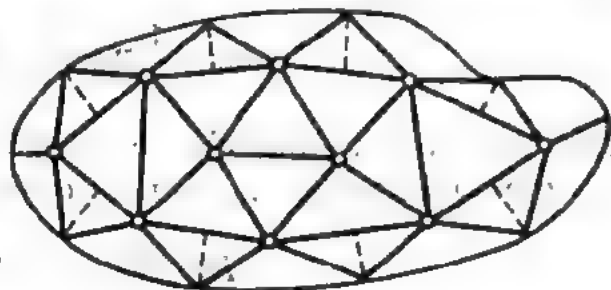


Fig. 269

Se notează cu: S_i — suprafața triunghiului;

m_i' , m_i'' , m_i''' — grosimile zăcămintului după lucrări miniere, care determină înălțimea prisme i ;

v_i — volumul prisme, determinat de triunghi;
 R_i' , R_i'' , R_i''' — greutatea volumetrică din diferite lucrări miniere, care determină prisma i ;

R — greutatea volumetrică medie a substanței minerale utile pentru întregul zăcămint;

Q — rezerva totală;

Q_i — rezerva substanței minerale utile din prismă, determinată de triunghi;

c_i' , c_i'' , c_i''' — conținutul metalului după lucrările miniere, care conturează prisma i (în greutate sau în procente);

P — rezerva totală a metalului;

P_i — rezerva metalului în prismă, determinată de triunghi.

Calculul rezervei în limitele prisme se face în ordinea următoare:

1. Determinarea suprafeței triunghiului se face cu formula:

$$S_i = \frac{a_i \cdot h_i}{2} \quad (8.18)$$

în care a_i este baza triunghiului (se măsoară pe plan);

h_i — înălțimea triunghiului (se măsoară pe plan).

Intr-o serie de cazuri, suprafețele S_i se determină cu planimetrul.

2. Calculul volumului prisme se face cu formula:

$$v_i = \frac{1}{3} S_i (m_i' + m_i'' + m_i'''). \quad (8.19)$$

3. Rezerva minereului din volumul prisme se determină din expresia:

$$Q_i = v_i R_i \quad (8.20)$$

dacă se ia aceeași greutate volumetrică pentru întregul zăcământ, sau

$$Q_i = \frac{1}{3} v_i (R_i' + R_i'' + R_i''') \quad (8.21)$$

dacă greutatea volumetrică este dată pentru fiecare lucrare minieră.

Rezerva în metal a prisme considerate se calculează din expresia:

$$P_i = \frac{1}{3} Q_i (c_i' + c_i'' + c_i'''). \quad (8.22)$$

Rezerva totală a minereului Q și a metalului P ale zăcământului se obține prin însumarea rezervelor din prismele separate.

Deoarece este necesar să avem rezerva totală a zăcământului (sau a unei părți a acestuia) și nu după prismele separate, atunci pentru eliminarea calculelor suplimentare, se obțin rezervele întregite după prismele separate și numai după însumarea lor, totalul se împarte la 3.

Calculul urmează să se facă după o schemă stabilită (tabela 24) (greutatea volumetrică este comună pentru întregul zăcământ și este egală cu 2).

Tabela 24

Formularul pentru înscrierea datelor la calculul rezervelor cu metoda triunghiurilor

Nr. triunghiurilor	Nr. lucrărilor miniere	m_i	S_i	$3 V_i$	$3 Q_i$	$c, \%$	$3 P_i$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	652	3,80	—	—	—	51	—
	673	3,60	180,0	—	—	50	—
	656	4,20	—	—	—	49	—
		11,60	180,0	2 088	4 176	50	2 088
2	652	—	—	—	—	—	—
	673	—	—	—	—	—	—
	110	—	—	—	—	—	—
		—	—	$3 \sum V_i$	$3 \sum Q_i$		$3 \sum P_i$

În cazul când greutatea volumetrică sunt diferite, schema de calcul se complică corespunzător.

Uneori, pentru precizarea rezultatelor calculului, grosimile medii ale prismelor se obțin prin atribuirea diferitelor ponderi datelor rezultate din lucrări miniere separate, ținând cont de distanța dintre lucrările miniere, iar greutatea volumetrică medie și conținutul mediu după triunghiuri, calculându-se ca medie volumetrică și medie gravimetrică.

Avantajul metodei constă în simplitatea construcției, în posibilitatea separării asortimentului industrial al minereului după sectoare separate și în înalta precizie a rezultatelor, la o variație însemnată a indicilor.

Afară de aceasta, metoda este comodă, atunci când calculul se face după totalitatea datelor obținute din explorare și din lucrările miniere.

Desavantajele metodei constau în neomogenitatea calculului, în cazul împărțirii diferite a suprafeței zăcământului în triunghiuri și în volumul mare al operațiilor matematice, în comparație cu alte metode.

§ 4. METODA SUPRAFETELOR APROPIATE

Metoda a fost propusă de prof. A. K. Boldărev pentru calculul rezervelor zăcămintelor aluvionare. Metoda constă în următoarele:

Suprafața explorată se împarte în sectoare separate, după numărul unităților de explorare, astfel încât, fiecărei lucrări miniere să-i

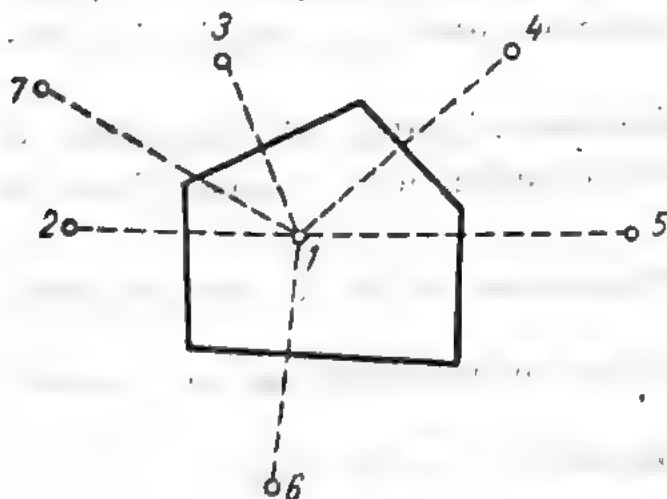


Fig. 270

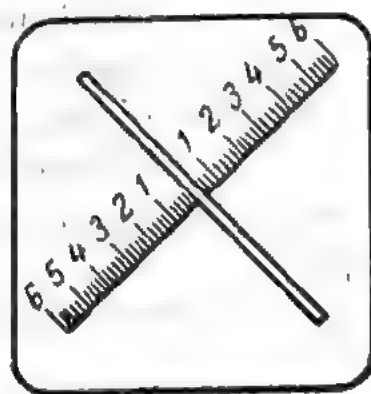


Fig. 271

revină partea cea mai apropiată din zăcământ. Astfel, fiecărei lucrări miniere de explorare îi revine un sector (raion) determinat de zăcământ, caracterizat de indicațiile din această lucrare minieră de explorare.

Se admite că, pentru întreaga suprafață apropiată, care aparține lucrării miniere date, greutatea specifică și conținutul rămân neschimbate.

Construcția suprafețelor apropiate se face în modul următor:

Se unește prin drepte lucrarea minieră de explorare dată, cu lucrările miniere apropiate de ea (vecine) (fig. 270). Din mijlocul segmentelor astfel obținute se ridică perpendiculare, care se întretaie între ele, formând în jurul lucrării miniere date un poligon. Orice punct din suprafața poligonului este mai apropiat de lucrarea minieră dată, decât de altele.

Pentru ușurarea construcției, la împărțirea segmentelor de dreaptă înjumătățite și la ridicarea perpendicularelor, se folosește șablonul reprezentat în fig. 271.

După metoda arătată, se împarte întreaga suprafață din plan în poligoane (fig. 272), iar zăcământul, în poliedre, cărora li se calculează rezervele. Ca baze și înălțimi ale prismelor poliedrice, servesc suprafețele poligonale cele mai apropiate lucrării miniere și grosimile verticale în aceste lucrări miniere.

Se introduc notațiile:

- S_i — suprafața zonei apropiate a lucrării miniere i ;
- m_i — grosimea după lucrarea minieră i ;
- v_i — volumul prisme i ;
- R_i — greutatea volumetrică după lucrarea minieră i ;
- c_i — conținutul metalului după lucrarea minieră, exprimat în greutate sau în procente;
- Q_i și P_i — rezerva substanței minerale utile și a metalului în volumul prisme i ;
- R — greutatea volumetrică medie pentru întregul zăcământ;
- V, Q, P — volumul total, rezerva de minereu și a metalului pentru întregul zăcământ.

Calculul rezervei pentru fiecare prismă se face în ordinea următoare:

1. Măsurarea suprafeței S_i se face cu una dintre metodele arătate mai sus.

2. Determinarea volumului prisme se face cu formula:

$$v_i = S_i \cdot m_i. \quad (8.23)$$

3. Rezerva substanței minerale utile din volumul prisme se găsește din expresia:

$$Q_i = V_i \cdot R_i \text{ sau } Q_i = v_i \cdot R. \quad (8.24)$$

4. Rezerva metalului din volumul prismei se calculează cu formulele:

$$P_l = Q_l \cdot c_l \text{ sau } P_l = \frac{Q_l \cdot c_l}{100} \quad (8.25)$$

Calculule pentru prisme separate se fac după scheme și se înscriu în tabelă (tabela 25). Schema alăturată se dă pentru cazul când greutatea volumetrică R a minereului este mică pentru întregul zăcământ.

Tabela 25

Formularul pentru înscrierea datelor la calculul rezervelor cu metoda suprafețelor apropiate

Nr. poligoanelor	Nr. lucrărilor miniere	S_l	m_l	v_l	Q_l	$c_l, \%$	P_l
1	101	114	3,30	376	752	55	417
2	589	78	1,4	109	218	50	109
		S		V	Q		P

În cazul când greutatea volumetrică este dată separat, pentru fiecare lucrare minieră, se mai introduce o coloană suplimentară, în tabelă.

Rezerva totală a substanței minerale utile sau a componentului util pentru întregul zăcământ se obține prin însumarea rezervelor prismelor din conturul interior și a celor din fâșia cuprinsă între contururi.

În conturul interior, rezervele din prisme se calculează până la linia de conturare indicată.

În fig. 272 este reprezentat, pe lângă conturul interior, și conturul exterior, care reprezintă linia de efilare a zăcământului, sau linia grosimilor industriale minime.

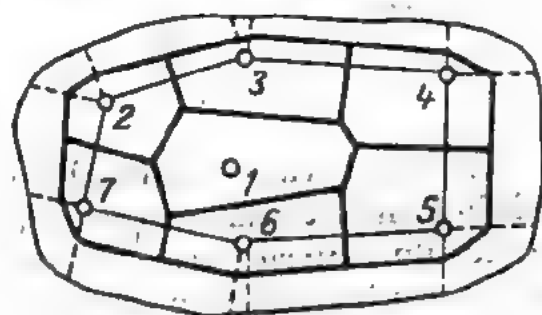


Fig. 272

Pentru calculul rezervelor din fâșia cuprinsă între contururi, cu metoda suprafeței apropiate, se fac următoarele construcții: din

punctele de amplasare a lucrărilor miniere vecine se coboară perpendicular pe laturile conturului interior, atunci când aceste laturi formează unghiuri mai mari de 180° . În cazul când conturul interior este concav, se coboară bisectoare.

Aceste perpendiculare și bisectoare se trasează punctat, până la intersecția lor cu conturul exterior (fig. 272).

Pentru calculul rezervelor din fâșia dintre contururi, după metoda suprafețelor apropiate, se construiește linia medie a fâșiei dintre contururi, linie care trece prin mijlocul perpendicularelor și al bisectoarelor construite. Prin această linie, fâșia dintre contururi se împarte în două părți. Partea fâșiei adiacente conturului interior se împarte cu ajutorul perpendicularelor ce trec prin mijlocul laturilor conturului interior, în poligoane, ce aparțin lucrărilor miniere vecine corespunzătoare. Rezervele pentru fiecare asemenea poligon se găsesc din suprafața poligonului și după indicii lucrării miniere de explorare.

Adunând aceste rezerve, se obține cifra totală a rezervei fâșiei dintre contururile indicate. În cazul calculului în limitele conturului zero, aceste rezerve vor constitui rezerva totală a fâșiei dintre contururi. Aceasta se bazează pe presupunerea că zăcămintul se efi-lează treptat, dela conturul interior spre conturul exterior. Cum rezultă din fig. 273, a, partea a_1 a fâșiei dintre contururi, a cărei rezervă se egalează condiționat cu zero, se compensează cu părțile suplimentare a și b ale conturului $ADEC$, ca o consecință a extinderii grosimii zăcămintului dela conturul interior, până la linia medie a fâșiei dintre contururi.

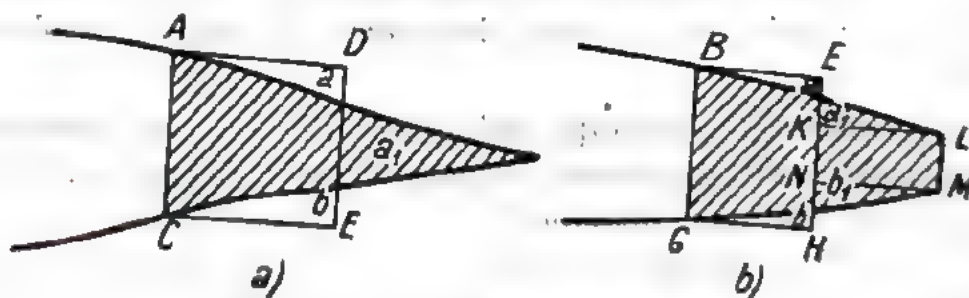


Fig. 273

În cazul când conturul exterior este reprezentat prin grosimea minimă industrială, rezerva părții de fâșie dintre contururi, adiacentă conturului interior, se calculează odată pentru întreaga sa suprafață, după grosimea medie industrială. Aceasta se bazează pe faptul, că părțile zăcămintului (fig. 273, b) a_1 și b_1 , care nu intră în calcul la determinarea figurii $KLMN$, se compensează, corespunzător, cu părțile egale cu acestea, a și b care intră în calcul, la determinarea rezervelor din conturul $BEHG$.

Principiul metodei suprafețelor apropiate găsește o aplicare largă la calculul rezervelor de zăcămintă aluvionare, explorate prin puțuri sau prin foraje.

Zăcămintele indicate se explorează prin lucrări miniere situate pe direcții perpendiculare pe talvegurile văii, reprezentată printr-o linie curbă sau frântă; deaceia, direcțiile de explorare sunt amplasate sub un unghi oarecare, una față de alta.

La calculul rezervelor zăcămintelor aluvionare se folosesc diferite metode pentru separarea suprafețelor apropiate. Cea mai simplă metodă este următoarea:

Între direcțiile de explorare se duc bisectoarele unghiurilor sau ale liniilor de explorare, care unesc mijloacele segmentelor liniei de limită, cuprinse între fiecare pereche vecină a liniilor de explorare. Din mijlocul intervalelor dintre lucrările miniere de explorare, în limitele conturului industrial, se duc perpendiculare, până la intersecția lor cu bisectoarele indicate mai sus. Se obțin astfel suprafețele de influență a lucrărilor miniere. Aceste suprafețe miniere, în părțile extreme, nu satisfac rigid, principiul geometric, care stă la baza metodei suprafețelor apropiate, însă, practic, rezultatele obținute sunt apropiate de calculele executate, prin menținerea strictă a bazelor metodei. Conturul exterior se ia după valoarea industrială minimă a indicilor. Lângă aceste contururi se duc, de obicei, liniile medii *ab*, *cd*, etc. care împart în jumătate distanțele dintre lucrările miniere de explorare și punctele conturului interior. În cazul acesta, rezervele poligoanelor formate de liniile medii și de linia limită (de bord), se calculează după indicii celei din urmă.

La calculul rezervelor, ca și la multe alte probleme, care se soluționează după metodele geometrice, trebuie să se țină seamă în mod strict de condițiile geologice naturale hotărâtoare. Pentru zăcămintele aluvionare, una dintre aceste condiții este geomorfologia respectivă și distribuția metalului în diferite sectoare ale zăcămintului.

Dacă talvegul văii actuale coincide sau este paralel cu talvegul văii vechi (fig. 274), care coincide cu direcția fluxului aluviunii, separarea suprafețelor, executată mai sus, după influența lucrărilor miniere de explorare, va corespunde geomorfologiei aluviunii.

Deseori, coincidența indicată a fluxului aluviunii cu axa văii actuale nu se observă, după cum rezultă, de exemplu, din fig. 275. În acest caz, aplicarea strictă a principiului geometric poate influența dăunător rezultatul calculului, din cauza unei necorespondențe suficiente a principiului separării suprafețelor apropiate, cu distribuția reală a metalului în aluviune.

În asemenea cazuri, se recomandă să se folosească așa numita metodă geomorfologică pentru construcția suprafețelor de influență a lucrărilor miniere (suprafața apropiată), care constă în următoarele:

După construirea conturului interior al zăcămintului aluvionar, după indicii minimi industriali, după fiecare direcție de explorare, în interiorul conturului arătat se găsește punctul fluxului aluviunii, care coincide cu maximum de conținut. Totalitatea acestor puncte dă direcția fluxului. În fig. 275, direcția fluxului nu coincide cu axa văii actuale.

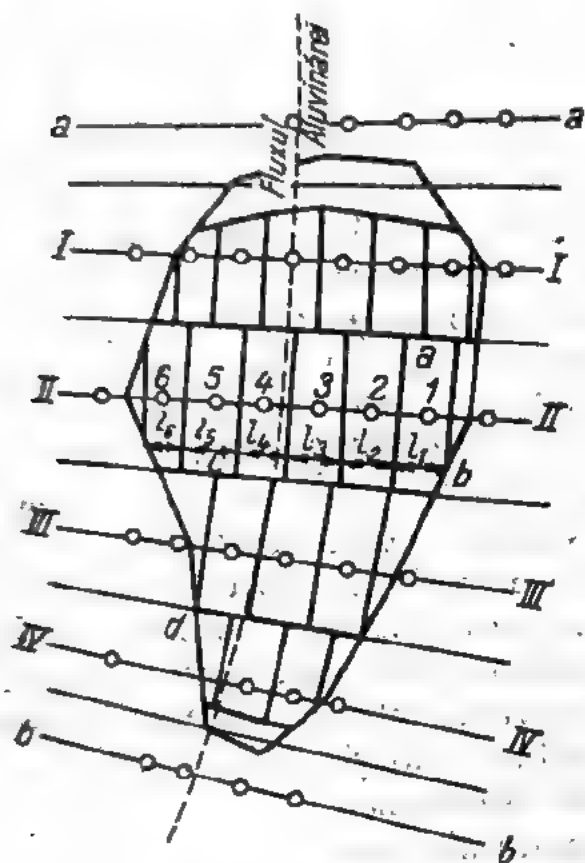


Fig. 274

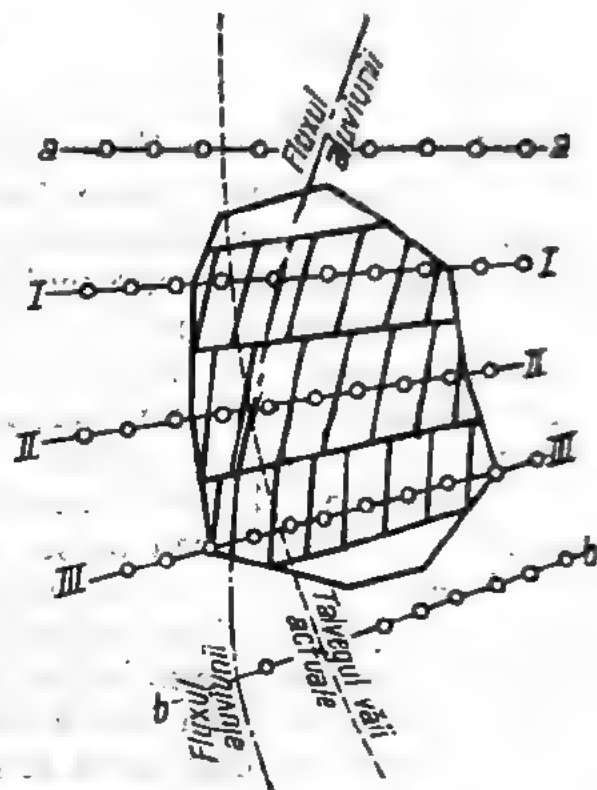


Fig. 275

Determinând direcția fluxului, suprafețele de influență a lucrărilor miniere se construiesc în modul următor:

La mijlocul distanței dintre două lucrări miniere vecine, se duc drepte paralele cu direcția fluxului aluviunii în locul dat, până la intersecția lor cu bisectoarele sau cu liniile construite anterior, care unesc mijloacele liniilor extreme ale blocului dat.

Principiul suprafeței apropiate, aplicabil la aluviuni, poate fi modificat și prin construirea suprafețelor de influență, nu numai pe lângă fiecare lucrare minieră de explorare, ci și pe lângă direcțiile de explorare, adică suprafața aluviunii se împarte în secțiuni, care revin direcțiilor de explorare separate. La acestea, asupra suprafeței de influență indicată, se extind indicii medii industriali ai direcției, obținuți analitic sau grafic, ca medie ponderată a grosimii și intervalelor între lucrările miniere de explorare.

În acest caz, suprafețele apropiate se construiesc ducând linii între două direcții de explorare vecine, în limitele conturului industrial separat, care împarte în părți egale segmentele liniei limită a blocului dat.

Rezerva totală a zăcămintului se obține prin adunarea rezervelor din toate suprafețele de influență separate.

În cazul necesității caracterizării valorii medii a indicilor pentru întregul zăcămint, a cărei rezerve sunt calculate după metoda suprafețelor apropiate, indicii arătați se calculează din expresiile:

$$m_{med} = \frac{V}{S}; \quad R_{med} = \frac{Q}{V}; \quad c_{med} = \frac{P}{Q} \cdot 100\%.$$

Metoda suprafețelor apropiate găsește o largă aplicare în calculul rezervelor zăcămintelor orizontale sau cu înclinare mică a lentilelor, cum și a zăcămintelor masive de minereuri fosforice, explorate dela suprafață, prin puțuri și sondaje.

Metoda suprafețelor apropiate are o serie de avantaje:

1. Ea permite împărțirea suprafeței după o singură metodă și astfel rezervele calculate au numai o singură valoare.

2. Rezervele diferitelor suprafețe apropiate de lucrările miniere, sunt caracterizate de indicii acestor lucrări, deci la separarea rezervelor industriale după diferiți indici, calculul lor se face ușor, prin însumarea rezervelor din prismele corespunzătoare;

3. Metoda este aplicabilă pentru o distribuție neuniformă a lucrărilor miniere și pentru variații însemnate ale grosimii, greutateii volumetrice și conținutului.

Ca desavantaj se poate considera desenul încărcat cu construcțiile suprafețelor apropiate.

§ 5. METODA BLOCURILOR

Metoda blocurilor se aplică la calculul rezervelor de minereuri și al metalului, în zăcămintele filoniere; această metodă are cea mai largă aplicare la zăcămintele filoniere de minereuri aurifere.

Metoda constă în calculul rezervei, după blocuri separate, în care se împarte filonul, prin lucrările miniere de explorare și de pregătire. Rezerva totală a sectorului sau a zăcămintului se obține din suma rezervelor blocurilor separate.

Se dă mai jos, ca exemplu, calculul rezervei blocului (fig. 276) unui filon de minereu aurifer.

La punctele 1, 2, 3... 27 se raportează probele. Lângă planul blocului sunt reprezentate secțiunile filonului după lucrări miniere, care delimitează blocul. Segmentele care unesc punctele din fiecare

lucrări minieră, de unde s'au luat probe sunt înșirate pe o singură linie dreaptă. Pentru fiecare punct s'a însemnat în secțiune, numărul punctului, grosimea filonului în metri, și conținutul metalului, în g/t de minereu.

Pentru determinarea rezervei metalului, cuprins în bloc, trebuie să se găsească suprafața blocului, grosimea medie, greutatea volumetrică medie a minereului și conținutul mediu al metalului.

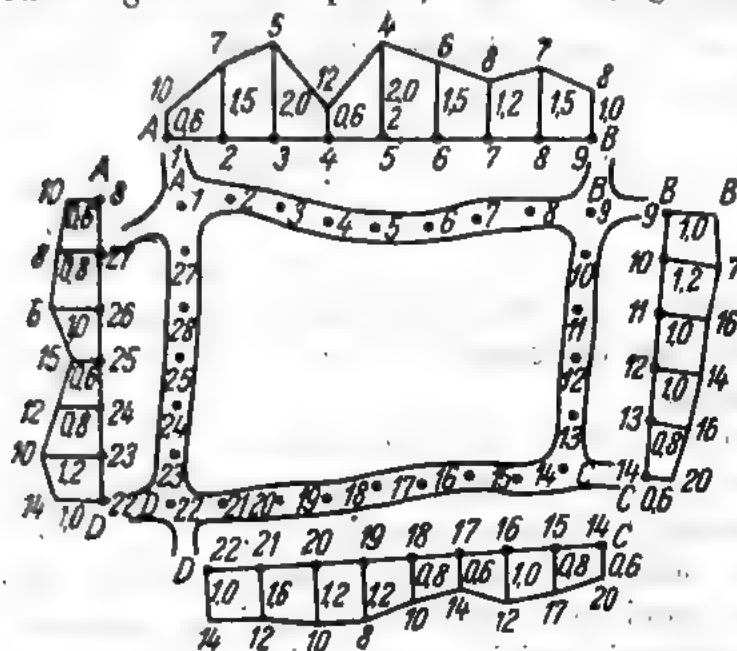


Fig. 276

Se calculează întâi grosimea medie, pentru fiecare secțiune a blocului. Întrucât distanța dintre punctele de unde s'a luat proba este aproape aceeași, grosimile medii după anumite secțiuni se vor calcula ca medii aritmetice ale grosimilor după relația:

$$m_{med} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}$$

În acest caz pentru exemplul dat se obține:

$$m_{med} (AB) = \frac{0,6 + 1,5 + 2,0 + 0,6 + 2,0 + 1,5 + 1,2 + 1,5 + 1,0}{9} = 1,32 \text{ m.}$$

$$m_{med} (BC) = \dots = 0,93 \text{ m.}$$

$$m_{med} (CD) = \dots = 0,98 \text{ m.}$$

$$m_{med} (DA) = \dots = 0,86 \text{ m.}$$

Cunoscând grosimea medie pentru fiecare secțiune, se calculează grosimea medie a blocului, ea fiind media ponderată după lungimea lucrărilor miniere.

$$m_{med} = \frac{1,32 \times 28 + 0,93 \times 18 + 0,98 \times 28 + 0,86 \times 18}{28 + 18 + 28 + 18} = 1,05 \text{ m}$$

La fel, se determină conținutul mediu, adică întâi se calculează conținuturile medii pe secțiuni, iar apoi conținutul mediu pentru bloc.

Conținutul mediu pentru fiecare secțiune se calculează ca fiind media ponderată după grosimile filonului

$$C_{med}(AB) = \frac{10 \times 0,6 + 7 \times 1,5 + 5 \times 2,0 + 12 \times 0,6 + 4 \times 2,0 + 6 \times 1,5 + 8 \times 12 + 7 \times 1,5 + 8 \times 1,0}{0,6 + 1,5 + 2,0 + 0,6 + 2,0 + 1,5 + 1,2 + 1,5 + 1,0} = 6,6 \text{ g/t.}$$

$$C_{med}(BC) = \dots = 12,7 \text{ g/t.}$$

$$C_{med}(CD) = \dots = 12,3 \text{ g/t.}$$

$$C_{med}(DA) = \dots = 10,5 \text{ g/t.}$$

Conținutul mediu pentru bloc se determină cu media ponderată după suprafețele secțiunilor.

$$\text{Suprafața secțiunii } (AB) = 1,32 \times 28 = 37,0 \text{ m}^2.$$

$$\text{Suprafața secțiunii } (BC) = 0,93 \times 18 = 16,8 \text{ m}^2.$$

$$\text{Suprafața secțiunii } (CD) = 0,98 \times 28 = 27,5 \text{ m}^2.$$

$$\text{Suprafața secțiunii } (DA) = 0,86 \times 18 = 15,5 \text{ m}^2.$$

$$C_{med}(ABCD) = \frac{6,6 \times 37,0 + 12,7 \times 16,8 + 12,3 \times 27,5 + 10,5 \times 15,5}{37 + 16,8 + 27,5 + 15,5} = 10,1 \text{ g/t.}$$

$$\text{Suprafața blocului } S = 504 \text{ m}^2.$$

$$\text{Volumul blocului } V = 504 \times 1,05 = 530 \text{ m}^3.$$

$$\text{Greutatea minereului (pentru } R_{med} = 2,6).$$

$$Q = 530 \times 2,6 = 1,380 \text{ t}$$

$$\text{Greutatea metalului în bloc } P = 1,380 \times 9,8 = 13,42 \text{ kg}$$

Metoda blocurilor se aplică deseori în calcule, care sunt legate de evidența mișcării rezervelor și de planificarea producției, în întreprinderile miniere în exploatare.

§ 6. METODA SECȚIUNILOR VERTICALE

Există două metode pentru determinarea rezervelor după poziția direcțiilor de explorare: metoda secțiunilor verticale paralele și metoda secțiunilor verticale neparalele.

a) Metoda secțiunilor verticale paralele

Dacă lucrările miniere cu deschidere sunt situate în plane verticale și paralele între ele, calculul rezervelor se face după metoda secțiunilor verticale paralele.

Metoda se bazează pe faptul, că se calculează în prealabil rezerva în secțiunea zăcămintului, în fâșie, a cărei grosime se ia de

1 m, și apoi se determină rezerva cuprinsă între două secțiuni ale zăcământului, ea fiind produsul semisumei rezervelor din secțiuni, prin distanța dintre lucrările miniere. Rezerva totală se obține prin adunarea rezervelor dintre secțiuni. Așa dar, se calculează întâi rezervele după secțiuni, apoi se face calculul definitiv după secțiunile între secțiuni și pe întregul zăcământ.

Se introduc notațiile:

- m_i — grosimea după lucrarea minieră;
- R_i — greutatea volumetrică după lucrarea minieră;
- c_i — conținutul după lucrarea minieră (în unități de greutate sau în procente);
- n — numărul lucrărilor miniere în secțiune;
- q_i — rezerva liniară ($m_i R_i$) a substanței minerale utile, după lucrarea minieră;
- P_i — rezerva liniară ($m_i R_i c_i = q_i c_i$) a metalului după lucrarea minieră;
- l_i — distanța dintre lucrările miniere i și $i+1$;
- R_j — greutatea volumetrică medie după secțiune;
- c_j — conținutul mediu al metalului după secțiune (în unități de greutate sau în procente);
- S_j — suprafața secțiunii;
- L_j — distanța dintre secțiuni;
- Q_j — rezerva de suprafață a substanței minerale utile după secțiune;
- P_j — rezerva de suprafață a metalului după secțiune;
- Q și P — rezerva totală a substanței minerale utile și a metalului pe întregul zăcământ.

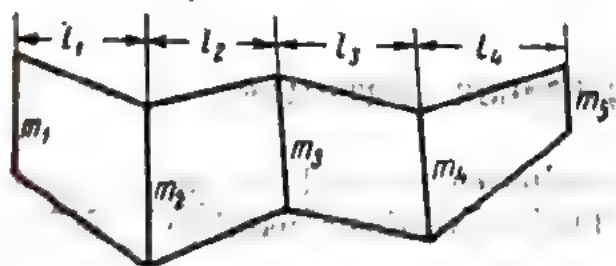


Fig. 277

Fie în fig. 277 dată secțiunea zăcământului după lucrările miniere. Suprafața secțiunii este egală cu suma suprafețelor trapezelor.

Suprafața fiecărui trapez este:

$$\frac{m_i + m_{i+1}}{2} \cdot l_i \quad (8.26)$$

Rezerva de suprafață a substanței minerale utile pentru un trapez va fi:

$$\frac{m_i R_i + m_{i+1} \cdot R_{i+1}}{2} \cdot l_i = \frac{q_i + q_{i+1}}{2} \cdot l_i \quad (8.27)$$

Idem, rezerva metalului:

$$\frac{q_i c_i + q_{i+1} \cdot c_{i+1}}{2} \cdot l_i \quad (8.28)$$

Suprafața și rezerva, după fiecare secțiune, se determină ca fiind sumele valorilor lor, după trapeze.

Suprafața S_j se găsește din expresia:

$$S_j = \sum \frac{m_l + m_{l+1}}{2} \cdot l_l \quad (8.29)$$

Rezerva substanței minerale utile se calculează cu formula:

$$Q_j = \sum \frac{q_l + q_{l+1}}{2} \cdot l_l \quad (8.30)$$

Rezerva metalului:

$$P_j = \sum \frac{P_l + P_{l+1}}{2} \cdot l_l \quad (8.31)$$

Formulele iau o formă mai simplă, dacă greutatea volumetrică pentru întreaga secțiune se ia R_j

Fie în fig. 278 I—I, II—II, III—III, etc., direcțiile de explorare în plan orizontal.

Volumul corpului cuprins între două direcții vecine este egal cu produsul semisumei suprafețelor secțiunilor după direcții prin distanța dintre ele:

$$\frac{S_j + S_{j+1}}{2} \cdot L_j \quad (8.32)$$

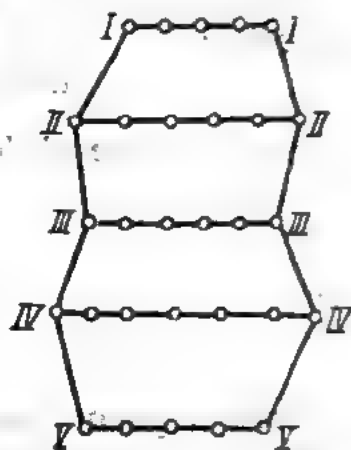


Fig. 278

Formula dă rezultate apropiate și este justificată prin simplitatea calculului. La variații însemnate ale suprafețelor, volumul trebuie să se calculeze cu ajutorul formulei trunchiului de piramidă.

Rezerva substanței minerale utile cuprinsă între două secțiuni vecine (direcții de explorare) se află din expresia:

$$\frac{Q_j + Q_{j+1}}{2} \cdot L_j \quad (8.33)$$

Idem, rezerva metalului

$$\frac{P_j + P_{j+1}}{2} \cdot L_j \quad (8.34)$$

Rezerva totală a zăcămintului se obține prin însumarea rezervelor parțiale.

Metoda secțiunilor verticale paralele se caracterizează prin simplitatea calculului și prin rezultatul unic. Această metodă mai are cali-

tatea că, la construirea secțiunilor corpului de minereu după direcție și a curbelor de conținut, se obține o imagine clară a variației de grosimi și de conținut a substanței minerale utile, în lungul acestor direcții.

b) Metoda secțiunilor verticale neparalele

Calculul rezervelor în unități volumetrice, prin metoda secțiunilor verticale neparalele, s'a tratat în capitolul precedent.

Rămâne să se determine în general, rezerva minereului (Q) și rezerva componentului util (P), din blocul cuprins între două planuri verticale, care se intersectează.

Prin analogie, pentru volumul părților infinit mici din bloc, există următoarele expresii, care determină rezervele de minereu și de metal:

$$dQ = RS_p d\theta \text{ și } dP = cS_p d\theta,$$

iar pentru întregul bloc:

$$Q = \int_0^{\theta} RS_p d\theta \quad (8.35)$$

$$P = \int_0^{\theta} cS_p d\theta \quad (8.36)$$

Practic, pentru calculul rezervei în bloc în unități de greutate, trebuie să se cunoască valoarea medie a greutatei volumetrice și conținutul metalului. Acestea se obțin din expresiile:

$$R_0 = \frac{Q}{V} = \frac{\int_0^{\theta} RS_p d\theta}{\int_0^{\theta} S_p d\theta} \quad (8.37)$$

$$c_0 = \frac{\int_0^{\theta} cS_p d\theta}{\int_0^{\theta} S_p d\theta} \quad (8.38)$$

Înlocuind mărimile R , c , S și ρ cu valorile lor și făcând integrarea, se vor obține expresiile definitive pentru determinarea valorilor R_0 și c_0

$$R_0 = \frac{R_1 + R_2}{2} + \frac{V_2 - V_1}{12V} (R_2 - R_1), \quad (8.39)$$

$$c_0 = \frac{c_1 + c_2}{2} + \frac{V_2 - V_1}{12V} (c_2 - c_1), \quad (8.40)$$

În care $V_1 = \beta S_1 \rho_1$; $V_2 = \beta S_2 \rho_2$, iar V este volumul blocului cuprins între două secțiuni vecine, care se determină cu ajutorul formulelor (7.33) sau (7.34). Rezultă că valoarea medie a greutateii volumetrice și a conținutului în bloc, sunt egale cu mediile aritmetice ale valorilor corespunzătoare după secțiune, plus o corecție oarecare. Corecția este cu atât mai mică, cu cât sunt mai mici diferențele $(R_2 - R_1)$ și $(c_2 - c_1)$ și este egală cu zero, când termenii din paranteză sunt egali.

Practic, pentru R_0 nu se introduce nicio corecție, deoarece diferența dintre R_2 și R_1 este foarte mică. Valoarea conținutului (c_0) pentru întregul bloc se calculează cu ajutorul formulei (8.40). Folosind R_0 , c_0 și V se calculează rezerva în unități de greutate, pentru întregul bloc.

Rezerva totală a zăcământului se obține prin însumarea rezervelor blocurilor.

§ 7. METODA ISOLINIILOR

Metoda isoliniilor, aplicabilă la determinarea volumului corpurilor de minereu de formă complexă a fost tratată destul de amănunțit în capitolul precedent. Afară de aceasta, s'a constatat că, calculul rezervelor substanței minerale utile sau al componentului util în unități de greutate, poate fi redus, deasemenea, la determinarea volumului.

Deaceea, după cum a arătat prof. Sobolevski, nu există nicio diferență între calculul rezervei substanței minerale utile cu conținut constant și calculul substanței minerale utile cu conținut variabil, deoarece corpul de minereu cu conținut variabil, se transformă ușor într'un corp convențional (lingou de metal) cu conținut constant.

La calculul rezervei substanței minerale utile în unități de volum, prin metoda isoliniilor, problema se reduce la determinarea volumului zăcământului, după planul de structură al zăcământului și mai des, după planul zăcământului, reprezentat prin isogrosimi.

Pentru determinarea rezervei substanței minerale utile sau a componentului util, cu ajutorul metodei isoliniilor, în unități de greutate, trebuie să se construiască un corp convențional, al cărui volum să exprime rezerva în unități de greutate. În acest caz, corpul convențional se construiește cu linii de valori egale ale rezervei liniare de substanță sau ale componentului util (metal). După primul sistem de isolinii, se determină rezerva de minereu în unități de greutate, iar după al doilea sistem, se determină în mod analog, rezerva de metal.

Rezerva liniară a substanței minerale utile, într'un punct dat, se obține înmulțind greutatea volumetrică cu grosimea sa în acest punct (lucrare minieră) și reprezintă rezerva prismei, care are înălți-

mea egală cu grosimea corpului de minereu și suprafața bazei, egală cu unitatea.

Rezerva liniară a metalului într'un punct dat se obține deasemenea, înmulțind rezerva liniară a substanței minerale utile cu conținutul metalului în acest punct și reprezintă rezerva prismei, care are înălțimea egală cu grosimea lingoului de metal și suprafața bazei egală cu unitatea.

Corpul convențional, reprezentat în plan prin linii de valori egale ale rezervei liniare de substanță minerală utilă sau de metal, reprezintă, din punct de vedere geometric, o analogie deplină cu zăcământul, reprezentat în plan prin isogrosimi. Deaceia, metodele de determinare a volumelor zăcămintelor, expuse mai sus, sunt valabile în întregime pentru determinarea volumelor corpurilor convenționale, care exprimă rezerva în unități de greutate.

Metoda isoliniilor se folosește nu numai la calculul rezervelor, ci și la caracterizarea formei zăcământului și a calității substanței minerale utile. Nu este necesar să se enumere avantajele acestei metode.

Printre desavantajele metodei isoliniilor, din punctul de vedere al calculului rezervelor, trebuie să se menționeze următoarele:

1. necesitatea de a construi graficele isoliniilor rezervei liniare și complexitatea calculelor față de alte metode;
2. subiectivitatea în construirea liniilor;
3. construcția la întâmplare a isoliniilor pe cale de interpolare și extrapolare, în locurile cu date insuficiente.

§ 8. ERORILE COMISE LA CALCULUL REZERVEI

Erorile fundamentale, care compun eroarea generală la calculul rezervelor, sunt: 1. erori tehnice; 2. eroarea de analogie și 3. eroarea de conturare.

Erorile tehnice provin dela determinarea neprecisă a valorilor numerice ale indicilor (grosimea, greutatea volumetrică, conținutul componentilor) în diferite puncte ale zăcământului.

Mărimile acestor erori depind nu numai de factorii tehnici, legați de determinarea indicilor, ci și de o serie de factori naturali (condițiile de zăcământ, proprietățile fizico-chimice ale substanței minerale utile, etc.).

Dacă se cunoaște caracterul (sensul) și mărimea erorilor diferitelor determinări, este ușor să se aprecieze influența lor asupra rezultatului final de calcul al rezervelor sau al valorilor medii ale indicilor, folosind formule cunoscute de erori, în funcție de mărimile determinate.

Erorile tehnice sunt:

1. erori comise la măsurarea grosimii zăcământului;
2. erori comise la determinarea greutateii volumetrice;
3. erori comise la determinarea conținutului componentului util;
4. erori comise la determinarea suprafeței de extindere a zăcământului.

Erorile enumerate pot fi, ca și oricare erori, accidentale sau sistematice.

Erorile accidentale ca și erorile sistematice, sunt scoase în evidență prin determinări de control și eliminate prin introducerea coeficienților de corecție și prin măsurători de control. În cele ce urmează, se va ține seamă de erorile accidentale inevitabile.

Erorile tehnice nu depind de variațiile zăcământului; deaceia metoda aprecierii influenței lor asupra rezultatului final rămâne aceeași, independent de forma rețelei și de desimea punctelor de explorare.

Apariția și valorile erorilor, în expresie relativă, observate în practică depind de mai mulți factori de bază.

Precizia măsurării grosimii depinde, mai ales, de următorii factori:

1. de felul lucrărilor de explorare;
2. de caracterul contactului zăcământului cu rocele înconjurătoare;
3. de duritatea și omogenitatea substanței minerale utile;
4. de grosimea zăcământului.

În lucrările miniere, precizia măsurării grosimii este mai mare decât la sondaje. La deschiderile făcute în zăcământ, unde grosimea se poate măsura direct, prin contact liniar și distinct, eroarea este de 2—3%; pe când la foraj, în condiții bune de carotaj, eroarea de măsurare variază în limitele de 5—10%. În condiții nefavorabile, eroarea comisă la măsurarea grosimii poate atinge 30% și mai mult. Forajul rotativ dă, în această privință, rezultate mai bune, decât forajul percutant.

La contactul nedistinct al zăcământului cu rocele înconjurătoare, fixat prin eșantionare, precizia măsurării grosimii, chiar în lucrările miniere, este redusă.

Eroarea relativă de măsurare a grosimii zăcământului depinde de mărimea acestei grosimi. De exemplu, filoanele cu grosimea de 0,40 m și 1,20 m, pentru precizia de măsurare cerută de 1 cm, vor da în primul caz o eroare relativă de 2,5% și în al doilea caz, o eroare de 0,81%.

Precizia determinării greutatei volumetrice a substanței minerale utile depinde de caracterul substanței, de metoda de determinare și de numărul determinărilor. La determinarea greutății volumetrice prin metoda escavării de probă, eroarea relativă atinge 3—5%.

Metodele hidrostactice de determinare a greutății volumetrice dau o eroare mai mică, însă la un număr insuficient de determinări, ele sunt mai puțin reprezentative decât cântărirea probelor obținute, prin metoda escavării de probă. Desavantajul principal îl prezintă determinările greutăților volumetrice, inadmisibil de rare, iar deseori și acceptarea acestor greutăți, după analogia cu zăcămintele asemănătoare.

Conținuturile componentilor în minereu se determină cu erori mai mari. Aceste erori sunt:

- a) erorile comise la eșantionare;
- b) erorile comise la prelucrarea probelor;
- c) erorile comise la analiza chimică.

Eroarea analizei chimice este cea mai importantă. Ea poate varia în funcție de natura zăcămintului și de conținutul componentului util, în limite relativ mari, dela 0,25 la 10—25%. Limita inferioară este caracteristică pentru analizele minereurilor de fier, cu un conținut mare al componentului util, iar limita superioară, pentru minereurile complexe și pentru cele cu metale rare.

Erorile determinărilor grafice depind de:

- a) precizia ridicării;
- b) precizia de construcție a planului;
- c) precizia măsurării pe plan a mărimilor necesare.

Pentru cazul când ridicarea, prelucrarea, scara și măsurările pe plan sunt executate cu precizia cerută, eroarea construcțiilor grafice, față de celelalte erori de calcul al rezervelor, este neînsemnată și, practic, poate fi neglijată în calcul.

La calculul rezervelor după metodele existente, trebuie făcută înmulțirea mărimilor care intră în formulele de calcul și adunarea rezervelor diferitelor părți de zăcămint. Deaceia, eroarea totală de calcul se va calcula deci, ca fiind eroarea produsului și a sumei, după formulele generale cunoscute din teoria erorilor.

Erorile de analogie, după originea lor, se datoresc faptului, că valoarea medie a indicilor se determină de obicei după un număr limitat de măsurări.

La calculul rezervelor cu alte metode, decât cu metoda cifrelor comune, erorile de analogie sunt o consecință a înlocuirii formei zăcămintului cu o formă oarecare, convențională.

Aprecierea valorii numerice a erorilor de analogie este o problemă mai grea, decât aprecierea eroilor tehnice.

În capitolul 5, la analiza suprafeței topografice ascunse, s'au studiat erorile de analogie la determinarea indicilor liniari și volumetrici. Concluziile obținute pot fi aplicate, cu justificare completă, la problemele analizate aici.

La calculul rezervelor cu ajutorul metodei cifrelor comune, în limitele conturului zero, cum s'a indicat mai sus, se aplică formulele:

$$V = l^2 \sum m, \quad (8.41)$$

$$Q = l^2 \sum q, \quad (8.42)$$

$$P = l^2 \sum p. \quad (8.43)$$

În acest caz, nu trebuie să se construiască conturul zero. Deaceia, eroarea comisă la calculul rezervei, nu conține eroarea de conturare, ci este o eroare de analogie.

Deoarece, practic, l este determinat fără eroare, eroarea de analogie va fi egală cu abaterea stabilită mai sus, a sumei indicilor liniari, dela valoarea ei reală, adică:

$$M(\Delta)_r = M(\sum \lambda)_r; \quad (8.44)$$

$$M(\Delta)_l = M(\sum \lambda)_l. \quad (8.45)$$

În această formulă,

$M(\Delta)_r$, $M(\Delta)_l$ este eroarea relativă reală și limită la determinarea indicelui de volum, unde, în loc de Δ , pot fi luați V , Q și P .

$M(\sum \lambda)_r$, $M(\sum \lambda)_l$ sunt abaterile reale relative și de limită a sumelor indicilor liniari, față de valorile lor reale, unde, în loc de Δ , se poate lua m , g , p .

Calculul rezervelor după alte metode este legat de construcția conturului zero; deaceia, rezervele calculate conțin simultan eroarea de analogie și eroarea de conturare. Prin urmare, aici este vorba de aprecierea erorii generale, care poate fi caracterizată cu ajutorul erorii posibile, de limită, de analogie și de conturare.

În acest caz, metoda cifrelor comune poate servi drept criteriul pentru compararea rezultatelor obținute, după alte metode de calcul, deci se poate exprima eroarea celei din urmă, prin eroarea metodei cifrelor comune.

Aici trebuie să se țină seamă de cazul cel mai defavorabil și anume, când centrarea rețelei lucrărilor de explorare corespunde minimului funcțiilor:

$$\sum m = f_1(x, y); \quad \sum q = f_2(x, y); \quad \sum p = f_3(x, y).$$

În acest caz, pentru obținerea valorii numerice a erorii posibile de limită, de analogie și de conturare, trebuie să adune aritmetic, eroarea de limită a metodei cifrelor comune, cu valoarea relativă a diferenței dintre rezultatele obținute prin metodele cifrelor comune și alte metode. Deci, semnul erorii posibile de limită va fi semnul, pe care îl are diferența arătată mai sus.

Expresia generală a erorii posibile, de limită, de conturare și de analogie: $M(\Delta_{AO})_{pl}$ la calculul rezervei printr-o metodă oarecare, în limitele conturului zero al zăcămintului, se va prezenta sub forma:

$$M(\Delta_{AO})_{pl} = \pm M(\Delta)_l + \frac{\Delta_r - l^2 \sum \lambda}{\Delta_{real}}. \quad (8.46)$$

În raport cu rezultatele obținute prin metoda de calcul a cifrelor comune, expresia erorii se poate reprezenta sub forma:

$$M(\Delta_{AO})_{pl} = \pm M(\Delta)_l + \left(\frac{\Delta_r}{l^2 \sum \lambda} - 1 \right), \quad (8.47)$$

sau

$$M(\Delta_{AO})_{pl} = \pm M(\sum \lambda)_l + \left(\frac{\Delta_r}{l^2 \sum \lambda} - 1 \right). \quad (8.48)$$

Pentru orice rețea de explorare, afară de rețeaua pătrată l^2 se înlocuiește cu suprafața acestei rețele.

Abaterile limită ale sumelor $M(\sum \lambda)_{lim}$ dela valorile lor reale, se determină, pentru rețelele pătrate, după tabela fig. 219, în funcție de gradul la care a fost cercetat R și indicele liniar λ . Δ_r este rezerva calculată după datele de explorare, cu una dintre metode.

Metoda de apreciere analizată poate fi aplicată, deasemenea, la calculul rezervelor din conturul interior al zăcământului și la determinarea valorii medii a indicelui.

În cazul aprecierii erorii comise la calculul rezervei din conturul interior, trebuie să se țină seamă, că eroarea de conturare este eliminată și rămâne numai eroarea de analogie, adică expresia erorii posibile limită $M(\Delta'_A)_p$ poate fi prezentată sub forma:

$$M(\Delta'_A)_{pl} = \pm M(\sum \lambda)_l + \left(\frac{\Delta'_r}{\Delta'} - 1 \right), \quad (8.49)$$

unde Δ'_r — rezerva calculată în limitele conturului interior, cu una dintre metodele cunoscute;

Δ' — rezerva din același contur, calculată cu metodă suprafețelor apropiate.

Metoda suprafețelor apropiate dă rezultate mai precise și prin concepția sa corespunde mai mult metodei cifrelor comune și din această cauză, se folosește ca etalon.

Din cele expuse rezultă următoarele concluzii:

a) pentru a pune în evidență influența erorilor tehnice, se pot folosi, în toate cazurile, formulele generale cunoscute din teoria erorilor, care determină eroarea funcției, în raport cu erorile comise la măsurarea mărimilor;

b) posibilitatea de apreciere a erorilor de analogie la calculul rezervelor apare în prezența unei rețele regulate de explorare, de desime suficientă și la un număr suficient de puncte de explorare;

c) folosirea formulelor din statistica matematică este limitată de o serie de factori: natura variațiilor indiciilor zăcământului, forma rețelei de explorare și caracterul metodei de calcul aplicate. Se vede că aceste formule pot fi aplicate la un anumit caracter de variație a zăcământului, la distribuirea uniformă a punctelor de explorare și la calculul rezervelor prin metode care folosesc valorile medii ale indicilor obținuți, dintr'un număr mare de date;

d) aprecierea calculului rezervelor, după mărimea erorii, este posibilă numai la calculul rezervelor de categorii superioare;

e) precizia datelor de plecare intră în calcul, adică precizia calculului rezervelor, este de așa natură, încât permite executarea calculului cu patru cifre indicatoare, adăugând a patra cifră până la întregire.

În rezultatul definitiv al calculului se lasă numai trei cifre indicatoare, iar restul se înlocuiește cu zero.

PARTEA A CINCIA

EVIDENȚA MIȘCĂRII REZERVEI ȘI A PIERDERILOR, CONTROLUL TOPOGRAFIC MINIER AL PRODUCȚIEI

CAPITOLUL IX

EVIDENȚA MIȘCĂRII REZERVEI ȘI A PIERDERILOR

§ 1. PRINCIPII GENERALE

Evidența mișcării rezervelor și a pierderilor de substanță minerală utilă din subteran are ca scop:

a) evidența sistematică a existenței rezervelor și caracteristicilor lor, în funcție de gradul de explorare, a utilității lor în ceea ce privește folosirea și a posibilității de extragere a lor;

b) stabilirea variației rezervelor, rezultată în urma extragerii și a pierderilor;

c) stabilirea pierderilor de substanță minerală utilă în subteran.

Rezervele substanței minerale utile se împart, după gradul de utilizare industrială, în rezerve geologice, rezerve exploatabile și rezerve industriale.

Rezerve geologice se numesc toate rezervele zăcămintului puse în evidență prin lucrările de explorare a câmpului minier sau a unui sector separat, independent de condițiile de înclinare și de direcție, cum și de calitatea substanței minerale utile. Rezervele geologice se compun din rezervele exploatabile și neexploatabile și se împart, după cum s'a văzut în capitolul 7, în categorii, potrivit schemei în vigoare a clasificării geologice.

Rezervele exploatabile sunt acele rezerve geologice, care satisfac, după indicii calitativi și tehnico-economi, cerințele folosirii lor în industrie și sunt rentabile prin exploatare. În rezerve exploatabile intră, de obicei, categoriile A și B, omologate de BK3 sau de TK3

¹ BK3 — Comisia Unională a rezervelor.

² TK3 — Comisia Raională a rezervelor.

Rezervele din categoria C intră în rezervele exploatabile numai atunci când sunt admise de Comisia rezervelor. Rezervele geologice care nu intră în rezervele exploatabile se numesc rezerve neexploatabile.

Mai jos, se analizează problemele evidenței de bază, adică evidența rezervelor exploatabile, în cadrul limitelor tehnice ale minei. Acestea sunt rezervele exploatabile ale minei.

Evidența rezervelor este ținută de către serviciul topografic minier și geologic al minei, din momentul intrării minei în exploatare.

Rezervele geologice și exploatabile se pun în evidență în limitele întregului zăcămint de către serviciul geologic a organelor superioare.

Rezerve industriale se numesc acele rezerve exploatabile, care sunt destinate extracției. Cantitatea rezervelor industriale, din conturul câmpului minier sau al sectorului, se obține prin scăderea pierderilor planificate din rezervele exploatabile, sau proiectate.

Pierderile proiectate sunt acele părți din substanța minerală utilă, care sunt destinate să fie lăsate în subteran, la exploatarea sectoarelor separate ale câmpului minier.

Pierderile proiectate sunt:

a) pierderile în stâlpi de siguranță (subconstrucții, bazine de apă, lucrări miniere, la limitele sectoarelor cu focuri subterane, la limitele exploatărilor vechi, etc.); lăsarea acestora este justificată din punct de vedere tehnic și economic, iar extracția lor este imposibilă;

b) pierderi provocate de condițiile geologice și hidrogeologice neprielnice (deranjamente tectonice, sectoare puternic acvifere, sectoare cu acoperiș nestabil, etc.);

c) pierderi inevitabile de exploatare, în limitele normelor stabilite pentru metodele de exploatare aplicate și aprobate de Ministerul de resort.

Pierderile în stâlpi de siguranță sub diverse construcții, cum și în stâlpii de siguranță de protecție la limitele câmpurilor miniere, se calculează după planurile topografice miniere, în care se trasează limitele stâlpilor de siguranță.

Pierderile proiectate, în stâlpi de siguranță lăsați pentru protecția lucrărilor miniere, se calculează plecând de la lungimea lucrărilor miniere și de la lățimea stâlpilor de siguranță, prevăzuți în proiectul de exploatare.

Pierderile din cauza condițiilor geologice și hidrogeologice grele se calculează din planuri (dacă s'a putut prevedea, anterior, lăsarea lor sub formă de stâlpi de siguranță cu limite mai mult sau mai puțin determinate) sau se iau într'un procent anumit (din experiența anilor precedenți) din rezervele exploatabile, micșorate, cu valoarea pierderilor presupuse în stâlpii de siguranță și protecție.

Cifrele pierderilor de exploatare proiectate se iau sub forma unui anumit procent (după normative) din rezervele exploatabile, micșorate cu valoarea pierderilor proiectate în stâlpii de siguranță și a celor provenite în urma condițiilor nefavorabile geologice și hidrogeologice.

Calculul pierderilor proiectate și al rezervelor industriale se face după următoarea schemă (tabela 26).

Tabela 26

Schema calculului pierderilor proiectate și al rezervelor industriale

Rezervele exploatabile, în mii tone	Pierderi proiectate		Rezervele micșorate cu mărimea pier- derilor (2 + 3), în mii tone	Pierderi proiec- tate în timpul exploatării		Rezerve indus- triale, în mii tone
	în stâlpii de siguranță, în mii tone	din cauza condițiilor geologice și hidrologice, în mii tone		%	mii tone	
1	2	3	4	5	6	7
2 200	100	50	2 050	10	205	1 845

La aplicarea mai multor metode diferite de exploatare, mărimea pierderilor de exploatare proiectate se calculează prin media ponderată, ținând seamă de volumul escavării prin fiecare metodă, cum și de producția totală a minei.

§ 2. CLASIFICAREA REZERVELOR INDUSTRIALE DUPA GRADUL LOR DE PREGĂTIRE PENTRU EXPLOATARE

După gradul de pregătire pentru exploatare, determinat de caracterul lucrărilor miniere principale și de pregătire executate, din rezervele industriale, se pun în evidență rezervele deschise, iar din cele din urmă, rezervele pregătite.

Rezerve deschise se numesc acele rezerve, în care lucrările miniere principale terminate, asigură posibilitatea executării lucrărilor miniere principale de pregătire, conform proiectului de exploatare, a câmpului minier.

La minele carbonifere, rezervele pregătite se numesc acele rezerve deschise, care sunt tăiate de lucrările miniere principale de pregătire și pentru pregătirea cărora este necesară numai executarea lucrărilor miniere de separare, în frontul de abataj.

Pentru condițiile exploatărilor subterane (zăcăminte carbonifere), rezervele pregătite se compun din suma rezervelor: a) din stâlpii

Scanned with CamScanner

Rezervele provizorii închise sunt rezervele la care accesul este, temporar, imposibil, din cauza surpărilor sau a stării proaste a lucrărilor miniere.

Rezervele care se găsesc în incendiu sunt acele rezerve pregătite, la care accesul este oprit cu diguri de incendiu (dintre acestea fac parte și rezervele în stâlpii, care delimitează sectorul de incendiu).

WILLIAMSON, A.



443

La aceste rezerve, tăierea substanței minerale utile în abataje poate fi începută în orice moment.

Diversitatea condițiilor de exploatare condiționează mulțimea de cazuri de evidență a diverselor tipuri de rezerve industriale. Clasificarea rezervelor industriale, aplicabilă la diverse tipuri de zăcămintele, și condițiile de exploatare a lor, constituie obiectul instrucțiunilor și al îndrumărilor corespunzătoare și din această cauză nu se tratează în această lucrare.

Pentru ilustrare, se dă un singur exemplu de clasificare a rezervelor, aplicabil la condițiile de exploatare subterană a unui strat de șisturi bituminoase, cu înclinare aproape orizontală.

Fig. 279 reprezintă separarea rezervelor deschise în sectoarele câmpului minier prin galeriile I și II, în direcțiile principale.

Partea exploatată a câmpului minier este hașurată, iar conturul *abcdefghijklmn* reprezintă suprafața rezervelor deschise. După cum rezultă din figura arătată, aceste rezerve sunt delimitate: la dreapta de zona limitei tehnice *eg*, de conturul sectorului exploatat *ghikl*, de liniile paralele cu galeriile care trec prin abatajele I și II, de galeriile care trec în direcțiile principale *abcdef* și de limitele sectoarelor *cd*, *ar*. În cazul când în sectorul minei există un deranjament tectonic, care necesită executarea unei transversale sau a unei suitoare spre flancul deplasat, rezervele deschise se calculează până la acest deranjament.

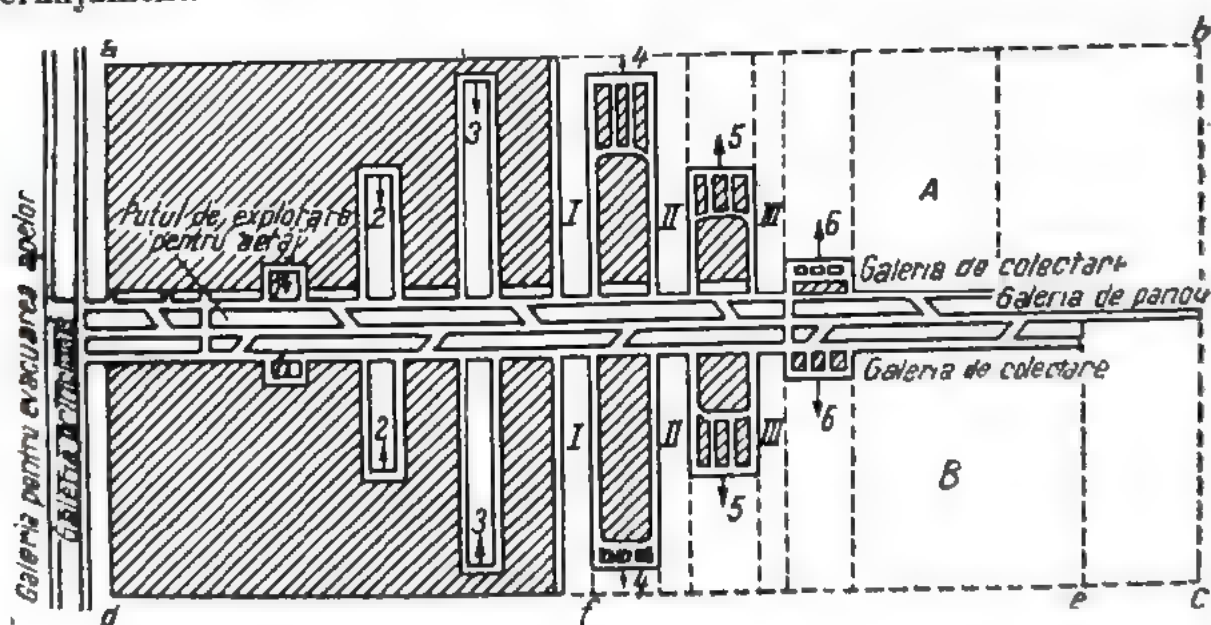


Fig. 280

În acest caz, la aplicarea metodei de exploatare prin camere și stâlpi lungi (fronturi conjugate), lucrările principale de pregătire sunt galeriile de panou, prin care sectorul se împarte în panouri, care cad în zona uneia dintre galeriile principale. În unele variante,

ale metodei de abataj cu camere și stâlpi, cum și la metoda de abataj cu stâlpi lungi, galeriile de panou sunt însoțite de săparea galeriilor de colectare.

Fig. 280 prezintă una dintre variantele metodei de exploatare în camere și stâlpi. Aici, conform determinării arătate mai sus, rezervele din conturul $abcd$, afară de cele exploatare (hașurate), vor fi rezervele pregătite.

Fig. 281 reprezintă metoda de exploatare prin stâlpi lungi (fronturi conjugate), aplicabilă în condițiile exemplului analizat. Aici, rezervele pregătite vor fi reprezentate prin contururile $abcd$ și $iklm$, exclusiv suprafața exploatare.

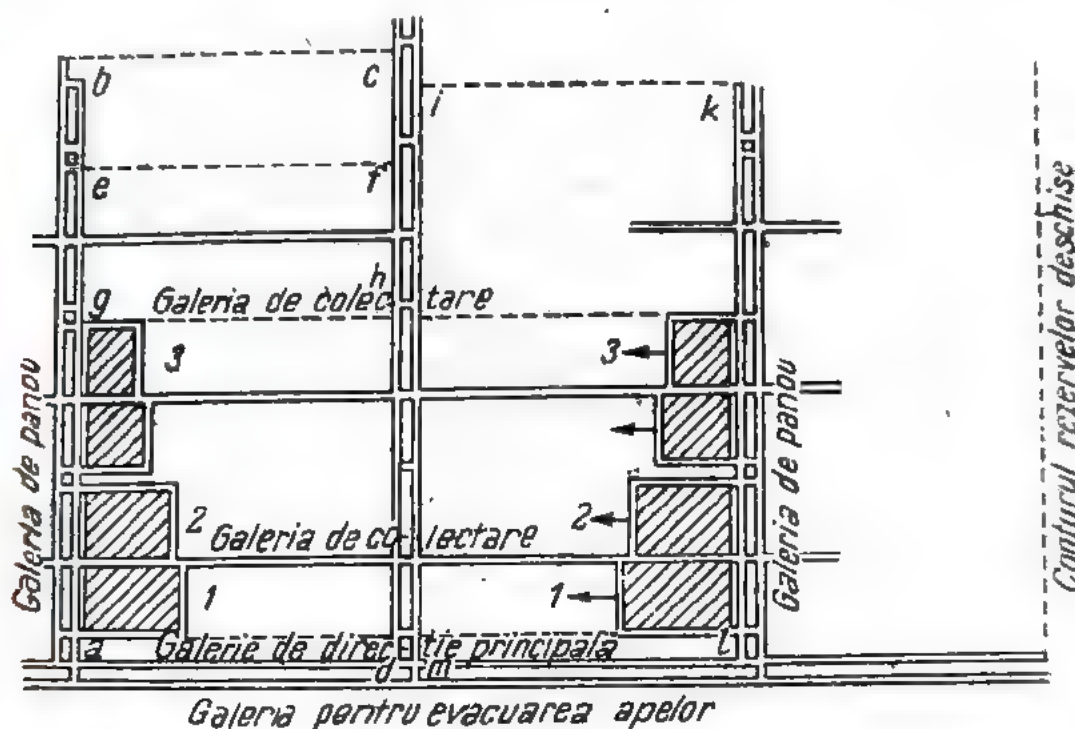


Fig. 281

Totodată (fig. 280), conturul $bcef$ reprezintă rezervele pregătite cu lucrările miniere principale de pregătire, iar contururile A și B reprezintă rezervele pregătite pentru compartimentare. Cele din urmă (fig. 281), pentru metoda de exploatare cu fronturi conjugate, sunt reprezentate în conturul c/gh .

Pentru exemplul ales, rezervele gata pentru tăiere în abataje reprezentate în fig. 280, sunt cuprinse în contururile 1, 2, 3, 4, 5, 6, iar în fig. 281, aceleași rezerve sunt reprezentate prin contururile 1, 2 și 3.

Pentru metoda de exploatare la zi, din totalul rezervelor industriale, se deosebesc rezervele desvelite și nedesvelite.

Rezerve desvelite sunt considerate rezervele de cărbune, al căror volum este limitat de:

a) în partea superioară, acoperișul stratului, de pe care au fost îndepărtate stratele acoperitoare;

b) în părțile laterale, planele taluzurilor construite după datele din proiectul exploatării;

c) de culcușul stratului, de adâncimea proiectată a carierei sau de adâncimea la care taluzurile carierei de cărbune mai asigură extragerea cărbunelui, în partea inferioară.

Rezervele deschise se compun din:

- a) gata pentru tăiere;
- b) gata pregătite pentru curățire;
- c) în stâlpii de siguranță provizorii;
- d) surpate provizoriu;
- e) inundate provizoriu;
- f) în incendiu.

Rezervele în stâlpi de siguranță lăsați provizoriu sunt rezervele deschise, care se găsesc, temporar, în stâlpii de siguranță sub lucrări miniere și construcții, cum și rezervele de sub căile ferate și terasele de lucru ale carierei. Aici intră și rezervele care au fost surpate, inundate, în incendiu, care au fost restabilite, însă care nu sunt gata încă pentru tăiere și nu sunt pregătite pentru curățire.

Rezervele din stâlpii de siguranță provizorii cuprind și rezervele deschise ale teraselor inferioare (orizonturi), a căror tăiere la un moment dat nu poate fi executată, din cauza existenței rezervelor neexploatate în terasele superioare.

Rezerve surpate provizoriu se consideră rezervele deschise, la care accesul pentru tăiere este închis momentan, sau care necesită executarea unor tranșee suplimentare prin stâlpii de siguranță sau prin rocele acoperitoare, pentru accesul spre rezerve al mijloacelor de transport și al utilajului de desvelire și de tăiere. După executarea lucrărilor indicate, rezervele surpate provizoriu pot fi trecute la rezervele pregătite pentru abataje, sau la cele din stâlpii de siguranță provizorii, sau gata pentru tăiere.

Rezerve inundate provizoriu se consideră rezervele deschise însă care, la un moment dat, sunt inundate, din care cauză, tăierea lor este deocamdată imposibilă.

Pentru restabilirea acestor rezerve se cere executarea lucrărilor suplimentare de drenaj, pompare sau de evacuare a apelor, după care rezervele inundate provizoriu pot trece la una dintre categoriile de rezerve de mai jos:

- a) pregătite pentru curățire;
- b) gata pentru tăiere;
- c) în stâlpi de siguranță provizorii;

d) surpate provizoriu, dacă pentru tăierea lor este necesară executarea tranșelor pentru căile de acces și instalarea căilor ferate sau a transportoarelor.

Rezerve în incendiu se consideră rezervele deschise care, la un moment dat nu pot fi exploatate, din cauza focului.

Pentru restabilirea acestor rezerve, este necesar, în prealabil, să se lichideze focul, după care rezervele care se găsesc în incendiu pot fi trecute în una din următoarele categorii de rezerve:

- a) pregătite pentru curățire;
- b) gata pentru tăiere;
- c) în stâlpi de siguranță provizorii;

d) temporar surpate, dacă pentru accesul utilajului de transport, de desvelire și de exploatare, este necesară executarea tranșelor prin stâlpii de siguranță sau roce acoperitoare, mai ales în cazul când lucrările principale ale carierei sunt înaintate;

e) inundate provizoriu, dacă stingerea focului s'a făcut prin inundarea lucrării miniere. În unele cazuri, o parte dintre rezervele sectorului, sau toate rezervele, se trec la pierderi, din cauza focului.

Rezerve pregătite pentru curățire, se consideră acele rezerve deschise, care au fost complet desvelite, însă nu au fost curățite de resturi de rocă sterilă, deci nu pot fi considerate gata pentru tăiere, ci necesită executarea lucrărilor suplimentare de îndepărtare a sterilului.

Lucrările de curățire se compun din evacuarea sterilului:

- a) împrăștiat pe acoperișul treptei de cărbune în urma lucrărilor de pușcare;
- b) căzut la încărcarea cu escavatoare a vagoanelor basculante;
- c) căzut la balastarea căilor ferate;
- d) lăsat după tăierea în acoperișul stratului, până la grosimea de 1 cm, din cauza înclinării sau a neregularității acoperișului.

După deschiderea stratului cu escavatorul, nu se admite să se lase roce sterile în acoperiș, mai groase decât 0,5 m.

Rezerve gata de tăiere, se consideră acele rezerve deschise, care au fost complet pregătite și care pot fi exploatate fără a contraveni regulilor fundamentale de conducere a lucrărilor miniere și de securitate minieră (dimensiunilor fixate a platformelor de lucru, extragerea completă după înălțimea și lățimea treptei, direcția frontului de lucru, în conformitate cu proiectul de lucrări aprobate).

Rezervele din treptele inferioare de cărbune, pe măsura înaintării frontului de lucru, din treptele de cărbune superioare și din curățirea rocei (până la desvelire), trec dela rezervele din stâlpii de siguranță provizorii, în rezerve gata pentru tăiere.

La treapta superioară de cărbune, rezervele care se găsesc după limitele platformei de lucru, trec în rezerve gata de tăiere, pe măsura

înaintării frontului de lucru și a lucrărilor de desvelire și de curățire de roca sterilă, rămasă în urma lucrărilor de tăiere.

La exploatarea subterană a zăcămintelor metalifere (metale neferoase și rare), în rezervele deschise se deosebesc: rezerve semipregătite, pregătite și preabotate.

În rezervele semipregătite intră blocurile, în care s'au executat complet lucrările orizontale de pregătire. Rezervele unor asemenea blocuri, în care s'au executat toate lucrările de pregătire, orizontale și înclinate, exclusiv cele de preabataje, aparțin rezervelor pregătite.

Rezerve preabotate, adică gata pentru tăiere, se numesc rezervele unor blocuri, în care s'au executat complet toate lucrările de pregătire și de preabataj, prevăzute de metoda de exploatare adaptată.

Din totalul rezervelor pregătite pentru tăiere, se deosebesc rezervele provizorii inactive (care nu pot fi exploatare dintr-o cauză sau alta) și rezervele gata de exploatare, adică cele care pot fi extrase în orice moment.

§ 3. CALCULUL REZERVELOR EXPLOATABILE ALE MINEI PENTRU ÎNCEPUTUL ANULUI

La evaluarea stării și mișcării rezervelor de substanță minerală utilă a minei, datele de plecare sunt reprezentate de rezervele subterane.

Situația reală a rezervelor exploatabile ale minei, la începutul anului, se stabilește prin calculul direct, executat de geolog în colaborare cu topograful minei sau de către topograful minei, în cazul când postul de geolog nu este prevăzut în schema de organizare a minei. Calculul rezervelor se face în cadrul limitelor tehnice ale minei, adică aplicabil la orizonturile exploatabile (sectoare) și la elementele structurilor geologice.

În scopul calculului rezervelor și al evidenței variațiilor următoare ale rezervelor, se întocmește pe hârtie de culoare complexul planurilor și al secțiunilor, la scara planurilor topografice miniere de bază. Pe plan se indică:

- a) limitele câmpului minei și limitele de executare fără pericol a lucrărilor miniere;
- b) lucrările miniere de pregătire și conturul lucrărilor de abataj;
- c) deranjamentele tectonice cunoscute și cele presupuse;
- d) lucrările miniere de explorare;
- e) punctele unde s'au măsurat grosimile, unghiurile de înclinare, luarea probelor pentru determinarea indicilor substanței minerale utile, cu indicarea valorilor lor numerice;

- f) limitele și numerele blocurilor în care se execută calculul rezervelor, cum și limitele rezervelor de categorii A, B, C;
- g) contururile stâlpilor de siguranță și de protecție;
- h) contururile sectoarelor rezervelor neexploatabile sau sectoarele a căror tăiere este imposibilă, dintr-o cauză sau alta, cu referire la act și data când aceste rezerve au fost scoase din evidență;
- i) focarele incendiilor și limitele sectoarelor inundate;
- j) pierderile substanței minerale utile în stâlpii de siguranță;
- k) limitele stâlpilor de siguranță provizorii.

Calculul rezervelor se face separat, pentru fiecare orizont în exploatare și pentru un orizont inferior, care nu este deschis. Pentru toate celelalte orizonturi nedeschise, rezervele se dau sumar. La calculul rezervelor în volum sau în greutate, se folosesc, pentru fiecare contur, valorile medii ale indicilor respectivi, care se obțin printr-o metodă sau alta. Rezultatul calculului se centralizează în tablourile calculelor rezervelor exploatabile ale minei după situația lor, la începutul anului:

Forma tabelului poate fi oarecare, însă trebuie să cuprindă toate datele necesare. De exemplu, pentru calculul rezervelor exploatabile ale cărbunelui în mine, se poate lua următoarea formă de tabelă (tabela 27).

Tabela 27

Formular pentru calculul rezervelor exploatabile ale minei

Denumirea orizonturilor (sectoarelor)	Nr. blocului	Grosimea medie utilă a blocului	Suprafața blocului	Volumul blocului	Greutatea volumetrică a substanței minerale utile din stâlp	Rezerva exprimată în greutate (mii tone)					Observații
						A	B	A + B	C	Total	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

În tabelă se fac totalizările pe sectoare (blocuri), pe orizonturi și apoi se face totalizarea întregii tabele.

Datele de totalizare se introduc ulterior în tabela de evidență primară a situației și de mișcare a rezervelor minei.

Pentru ușurința lucrului cu tabela indicată, nomenclatura sectoarelor și a blocurilor trebuie să fie identică în ambele cazuri.

La calculul ulterior al rezervelor, se recalculează numai rezervele sectoarelor (blocurilor) care au suferit modificări.

§ 4. EVIDENȚA SITUAȚIEI ȘI A MIȘCĂRII REZERVELOR EXPLOATABILE ȘI INDUSTRIALE ALE MINEI

Evidența primară a rezervelor, care este ținută de serviciul topografic al minei, are în vedere:

a) să arate situația numerică a rezervelor pentru începutul perioadei de gestiune și variațiile care au avut loc în această perioadă;

b) să pună în evidență situația rezervelor la finele perioadei de gestiune și să dea o imagine despre asigurarea minei cu rezerve în perioada următoare;

c) să controleze îndeplinirea planului de pregătire a rezervelor.

Variația rezervelor pentru o perioadă sau alta de gestiune se compune din următoarele elemente:

a) micșorarea rezervelor în urma exploatării și a pierderilor;

b) micșorarea rezervelor, prin constatarea în timpul exploatării a sectoarelor cu substanță minerală utilă neexploatabilă, sau a sectoarelor a căror exploatare este imposibilă, din diferite cauze;

c) micșorarea sau mărirea rezervelor în urma schimbării limitelor câmpului minier;

d) variația rezervelor din cauza explorării suplimentare sau a recalculării rezervelor.

Variația rezervelor, datorită producției și a pierderilor, se stabilește după datele evidenței cantității substanței minerale utile produse efectiv și pierdute în subteran.

Variația rezervelor, în urma micșorării sau a măririi dimensiunilor câmpului minier, se stabilește după planurile topografice miniere.

Variațiile provocate prin constatarea în timpul exploatării a sectoarelor neexploatabile (cu substanță minerală utilă neexploatabilă) sau a sectoarelor a căror exploatare este imposibilă, se determină prin scoaterea datelor acestor rezerve din bilanțul minei.

Se consideră ca rezerve neexploatabile acele rezerve care, anterior, au fost incluse în rezervele exploatabile ale minei, însă din procesul exploatării a rezultat că ele au avut o grosime neexploatabilă, un conținut mare al componentilor dăunători, sau intercalații de steril.

Variația rezervelor, care se produce în urma explorării suplimentare sau a recalculării, se fixează în cursul anului cu aproximație și, mai ales, prin trecerea rezervelor dintr-o categorie în alta. La

sfârșitul anului, aceste variații se precizează. Ca bază pentru acest calcul servesc cifrele rezervelor la începutul și la finele anului, cum și variațiile stabilite precis pentru perioada de gestiune.

Evidența primară a situației și a mișcării rezervelor substanței minerale la mină, se face diferențial, cu subîmpărțirea pe orizonturi a elementelor structurilor geologice. Raportul de mișcare al rezervelor se corectează prin calculul direct al rezervelor exploatabile, care se stabilesc de către serviciile de geologie și topografie ale minei. Evidența arătată se ține în registrul de evidență primară a rezervelor minei după un formular stabilit, de unde se iau datele de plecare pentru utilizarea operativă sau pentru prezentarea 'dateilor' pentru raportul despre rezerve, către forurile superioare.

§ 5. CLASIFICAREA ȘI EVIDENȚA PIERDERILOR SUBSTANȚEI MINERALE UTILE

Pierderile efective ale substanței minerale utile fac obiectul evidenței și al controlului. Prin pierdere de substanțe minerale utile se înțelege acea parte a rezervelor, care a fost considerată inițial ca exploatabilă, însă care mai târziu s'a degradat (a pierdut proprietatea substanței minerale utile), distrusă de incendiu sau părăsită pentru totdeauna în subteran, în conformitate cu regulile de tehnica securității, în urma aplicării unei metode de exploatare imperfecte, sau a conducerii greșite a lucrărilor miniere.

Din definiția arătată rezultă că rezervele sectoarelor, care au fost puse în evidență prin lucrări miniere de exploatare și de explorare ca neexploatabile, se înscriu ca atare și nicidecum ca pierderi.

Deasemenea, rezervele stâlpilor de siguranță lăsați temporar nu pot fi considerate ca pierderi.

Evidența pierderilor este unul dintre elemente importante de conservare a subsolului și se întocmește pentru:

- a) clasificarea eficacității metodelor de exploatare, din punct de vedere al volumului de pierderi al substanței minerale utile;
- b) controlul conducerii juste a lucrărilor miniere;
- c) aprecierea numerică a pierderilor pentru formele distincte ale acestora, în scopul întreprinderii a o serie de măsuri tehnico-organizatorice, în vederea reducerii pierderilor la minim;
- d) evidența distribuției pierderilor în spațiul subteran, informații necesare în vederea organizării măsurilor profilactice, în lupta cu focurile subterane (la zăcămintele carbonifere).

Serviciul topografic minier al minei, care ține evidența rezervelor, nu trebuie să se limiteze numai la fixarea pierderilor, ci, împreună cu serviciul de control tehnic minier, este obligat să ur-

mărească aplicarea măsurilor, care se iau pentru reducerea acestor pierderi. Se dau pe scurt, regulile fundamentale ale evidenței pierderilor, aplicabile la exploatarea subterană a zăcămintelor de cărbuni și de minereuri. Se va insista în primul rând asupra regulilor de bază și asupra particularităților evidenței pierderilor la exploatarea zăcămintelor carbonifere. Pentru ușurarea analizei pierderilor, este indicat, ca evidența lor să se facă cu aplicație la forme distincte (grupe). Pierderile trebuie împărțite după cauzele care provoacă apariția lor (15); pentru acestea se pot stabili următoarele grupe de pierderi:

- a) pierderi care nu depind de metoda de exploatare;
- b) pierderi care sunt în legătură cu metoda de exploatare (pierderi de exploatare);

c) pierderi cauzate de conducerea greșită a lucrărilor miniere.

Din grupa (a) fac parte:

1. Pierderile substanței minerale utile în stâlpii de siguranță și de protecție, a căror lăsare este justificată din punct de vedere tehnic și economic, sau este prevăzută de instrucțiunile în vigoare și a căror escavare este imposibilă.

2. Pierderi provocate de condițiile geologice sau hidrogeologice nefavorabile (acoperișul deranjat sau lipsa de roce rezistente în acoperiș, viituri de apă, nisipuri curgătoare, deranjamente tectonice).

Din cifra totală de pierderi de acest fel, trebuie să fie pusă în evidență în special pierderile din grosimea stratului (în acoperișul și în culcușul stratului).

Din grupa (b) fac parte:

1. Stâlpii de siguranță lăsați pe lângă lucrările miniere de pregătire, cu scopul conservării acestora, cu condiția ca proiectul să nu prevadă exploatarea stâlpilor indicați.

2. Stâlpii lăsați în spațiul de abataj, din motive care n'au fost condiționate de surpare de alți factori, sau de conducerea greșită a lucrărilor, de exemplu pierderile în stâlpii de așezare (cuțite).

3. Fâșii care au fost lăsate în acoperișul sau în culcușul stratului, care nu a fost exploatat pe întreaga sa grosime, conform monografiei metodei de exploatare aplicată.

4. Pierderile substanței minerale utile escavate, care apar în urma aruncării acesteia în spațiul rambleiat la pușcare, prin evacuarea incompletă a substanței minerale utile de abataj și împrăștierea în timpul transportului. Pentru șisturi combustibile o separare incompletă a șistului de rocă sterilă și aruncarea șistului sau roci sterile în porțiunea rambleiată care se alege pe bandă sub forma de concreștere cu calcarul. La evidența pierderilor de exploatare trebuie să se deosebească pierderile reale de cele inevitabile. Primele ca-

racterizează situația reală, iar cele inevitabile, dau o imagine a pierderilor care s'ar produce, dacă s'ar aplica just metoda de exploatare.

Grupă (c) cuprinde pierderile substanței minerale utile, din cauza conducerii greșite a lucrărilor miniere. Acestea sunt:

1. Surplusul de pierderi, față de cele inevitabile, în stâlpii de siguranță și de protecție, atunci când aceștia se lasă în dimensiuni, care depășesc limitele tehnice justificate.

2. Surplusul de pierderi de exploatare față de cele admise de proiect sau prevăzute în normativole metodei date de exploatare, lăsate în stâlpii de siguranță de pe lângă lucrările miniere de pregătire și în spațiul de abatare.

3. Pierderile de substanță minerală utilă lăsate în culcușul și în acoperișul lucrărilor miniere, care nu depind de condițiile geologice sau hidrogeologice nefavorabile.

4. Pierderi din cauza surpării lucrărilor miniere în urma dirijării nesatisfăcătoare a acoperișului, a inundării sau a altor avarii, provocate de conducerea greșită a lucrărilor miniere, cum și pierderile din cauza subminării stratelor.

5. Pierderile din cauza focurilor subterane.

6. Pierderile de zăcământ prin exploatarea incompletă și părăsirea sectoarelor fără justificare suficientă, la limitele sau în centrul câmpului minier.

La întocmirea evidenței pierderilor, trebuie să țină seamă de următoarele reguli:

a) rezervele substanței minerale utile se consideră ca pierderi, numai în cazul când s'a stabilit precis imposibilitatea sau lipsa de raționament a exploatării lor în viitor;

b) la pierderile din cauza focurilor și a inundațiilor, se raportează nu numai rezervele substanței minerale utile, care s'au ars, s'au degradat din cauza focului sau au fost inundate, ci și rezervele din stâlpii de siguranță, care barează sectorul avariat, dacă acești stâlpi nu pot fi exploatați în viitor.

c) stâlpii de siguranță dela limitele câmpurilor miniere și din jurul lucrărilor miniere inundate, se consideră ca rezerve pierdute, în cazul când părăsirea lor este determinată de securitatea lucrărilor miniere și dacă cauzele care au determinat părăsirea stâlpilor de siguranță n'au putut fi evitate, din considerente tehnice sau economice;

d) rezervele substanței minerale utile, lăsate în subteran, sunt considerate ca pierderi, din cauza condițiilor nefavorabile geologice sau hidrogeologice, numai în cazul când nu există posibilitatea de a lupta contri pierderilor, din motive tehnice sau economice. În caz contrar, ele figurează ca pierderi, din cauza conducerii greșite a

lucrărilor miniere. În general, cele din urmă trebuie să fie strict separate de alte feluri de pierderi;

e) pierderile reale de rezerve sunt rezervele rămase efectiv în subteran și nu acele care sunt și propuse pentru părăsire în viitor; aceste pierderi se calculează numai în limitele conturului exploatat, în perioada de gestiune.

La separarea pierderilor cauzate de conducerea greșită a lucrărilor miniere, de celelalte pierderi, topograful minier se conduce după normativele pierderilor. Aceasta permite topografului ca, din pierderile care depind de metodele de exploatare, să separe acea parte, care se datorește conducerii greșite a lucrărilor miniere.

Normativele indicate se elaborează de trust și se aprobă de forurile superioare. Normativele pierderilor stabilesc: dimensiunile stâlpilor de siguranță, care se lasă pe lângă lucrările miniere de pregătire, în spațiul de abataj, la limitele sectoarelor în exploatare și în grosimea pachetelor substanței minerale utile, lăsate în culcuș sau în acoperiș, etc. etc. Mărimea pierderilor după normative trebuie să fie optimă și trebuie să corespundă întocmai condițiilor concrete de exploatare și posibilităților tehnice ale metodelor de exploatare aplicate.

Pierderile cauzate de conducerea greșită a lucrărilor miniere caracterizează calitatea lucrului în sectoare separate, sau a muncii în întregime. La o organizare corectă a exploatării, aceste pierderi nu trebuie să aibă loc. Deaceia, la ținerea evidenței pierderilor și în lupta contra acestora trebuie dată o atenție deosebită pierderilor cauzate de conducerea greșită a lucrărilor miniere.

Materialele grafice, după care se ține evidența producției și a pierderilor, trebuie să asigure complexitatea suficientă a reprezentării rezultatelor măsurărilor topografice.

În cazul când planurile topografice de bază nu îndeplinesc condițiile indicate, se întocmesc planuri pentru măsurări speciale.

Planurile topografice miniere de bază (sau planurile de măsurări special întocmite) și cataloagele cu măsurători constituie documentarea principală a evidenței producției și a pierderilor substanței minerale utile. Din punctul de vedere a evaluării calitative a pierderilor, ele se pot împărți în următoarele grupe:

a) pierderile sub formă de stâlpi de siguranță, pierderi după suprafață;

b) pierderile fâșiilor separate de strat (zăcământ), pierderi după grosimi;

c) pierderile substanței minerale utile escavate.

Pierderile după suprafață se stabilesc după planurile topografice miniere, prin înmulțirea suprafeței stâlpului de siguranță cu gro-

simea totală utilă a stratului (stabilită în lucrările miniere) și cu greutatea volumetrică a substanței minerale utile din stâlp.

Pierderile după grosime se calculează prin compararea valorilor medii ale grosimii totale utile, cu grosimea utilă escavată.

Pierderile substanței minerale utile escavate, în expresie relativă, se dau după normativele stabilite. Acestea se obțin pe baza experimentală (măsurări, determinări și aplicații) la diferite condiții de exploatare.

Mărimile relative ale pierderilor se stabilesc în modul următor:

a) pierderile reale din stâlpii de siguranță și de protecție se obțin prin împărțirea cifrei absolute a pierderilor, la rezervele exploatabile ale minei;

b) pierderile care sunt în legătură cu metodele de exploatare și cu conducerea greșită a lucrărilor miniere se obțin prin împărțirea cifrei absolute a pierderilor, la rezervele exploatabile, în limitele conturului exploatat, fără pierderile din prima grupă (a) și fără pierderile cauzate de condițiile geologice și hidrogeologice.

Evidența primară a pierderilor la mină se stabilește în fiecare trimestru și se ține în registre, după modelul stabilit. Nomenclatura obiectelor evidenței trebuie să fie aceeași ca și în evidența mișcării rezervelor, deoarece datele asupra pierderilor se înscriu în registrul de evidență primară a mișcării rezervelor. În evidența trimestrială, pierderile se grupează după metodele de exploatare.

Majoritatea regulilor generale arătate mai sus sunt valabile și pentru evidența pierderilor la zăcămintele de minereuri, exploatate prin metode subterane; deaceia, la expunerea evidenței pierderilor, se va insista numai asupra particularităților fundamentale ale zăcămintelor de minereuri.

Variația mare a condițiilor de așezare a zăcământului, a caracterului de mineralizare, cum și al conținutului metalelor în minereu, chiar în limitele unui bloc, cere ca evidența pierderilor să se facă pe obiecte mai detaliate, după fiecare bloc în exploatare. În cazul uniformității condițiilor metodelor de exploatare, evidența pierderilor se poate face pe obiecte mai mari, de exemplu pe orizonturi.

La exploatarea zăcămintelor de minereuri, pierderile se impart în pierderi cantitative și pierderi calitative.

Prin pierderi cantitative se înțelege diferența dintre cantitatea de minereu sau de metal calculată în zăcământ, în sector sau în bloc și cantitatea extrasă. Prin pierderi calitative (diluarea de minereu) care au o importanță tot atât de mare pentru rezultatele exploatării, ca și pierderile cantitative, se înțelege reducerea conținutului în metal (metalelor) al substanței minerale utile produse, în comparație cu conținutul în metal al zăcământului. Diluarea minereului este condiționată de introducerea în minereul tăiat a sterilului și a minereurilor

sărace din intercalații sau a rocilor din gangă, cum și a pierderilor la extragerea minereului mărunț, mai bogat în conținut de metal. Diluarea minereului reduce proprietățile tehnologice (valoarea minereului) și scumpește transportul lui la uzinele de preparare. În funcție de tipul zăcămintelor și de felul substanței minerale utile, se folosesc diferite clasificări ale pierderilor. O clasificare unică pentru zăcămintele de minereu nu există. Trebuie să se menționeze că regulile fundamentale ale clasificărilor folosite sunt generale.

Pentru ilustrare, se arată clasificarea pierderilor folosită cu unele modificări, la exploatarea metalelor neferoase și rare. După această clasificare, pierderile cantitative ale minereului se împart în următoarele grupe (18):

1. Pierderi cauzate de defecțiuni în lucrările geologice de explorare (omiterea zăcămintelor paralele și a apofizelor, conturarea insuficientă a corpurilor de minereu, eșantionarea nejustă, etc.).

2. Pierderile cauzate de defecțiunea documentației topografice miniere (de exemplu greșeli în planurile topografice miniere, care provoacă subminarea prin extracție a zăcămintelor apropiate și lăsarea stâlpilor de siguranță prea mari):

3. Pierderi din cauze geologice (prezența sectoarelor foarte deranjate, o configurație complexă a conturului zăcămintului, care îngreunează o extragere completă, zăcămintele la limitele lentilelor, etc.).

4. Pierderi din cauze hidrogeologice (la inundarea lucrărilor miniere sau viituri de apă puternice la exploatarea sectoarelor, etc.).

5. Pierderi în stâlpii de siguranță.

6. Pierderi cauzate de desvoltări necorespunzătoare a lucrărilor miniere.

7. Pierderi din cauza metodelor de exploatare aplicate (pierderi de exploatare).

8. Pierderi din cauza focurilor subterane.

9. Pierderi la încărcarea și la transportul minereului.

Pierderile în stâlpi de siguranță pot să fie însemnate, mai ales în cazul amplasării nereușite a construcțiilor de la suprafață și al trăsării greșite a lucrărilor miniere principale de investiții. Pierderile din cauza desvoltării necorespunzătoare a lucrărilor miniere se produc prin nerespectarea succesiunii necesare în escavarea diferitelor sectoare și a corpurilor de minereu, de exemplu, tăierea stâlpilor dintre camere, fără legarea lor cu lucrările din orizonturile superioare, escavarea neregulată a feliilor din bloc, etc. Pierderile care depind de metodele de exploatare aplicate, în unele cazuri, pot fi destul de însemnate. Pierderile mari pot fi produse de focurile subterane, mai ales la zăcămintele de sulfuri, deoarece ele cuprind nu numai mine-

reul care a fost distrus de incendiu, ci și minereul din stâlpii de protecție contra focului.

Uncori diferitele feluri de pierderi se unesc în grupe; de exemplu, prof. P. A. Râjov, în lucrarea sa (34) cu referire la condițiile de exploatare a zăcămintelor metalelor neferoase, prezintă patru grupe de pierderi: 1. pierderi de exploatare, 2. pierderi din cauza rebutului lucrărilor tehnico-miniere, 3. pierderi din cauza rebutului lucrărilor geologico-topografice miniere, 4. pierderi inevitabile.

Este ușor de văzut că aceste grupe cuprind toate formele de pierderi enunțate până acum.

Evaluarea cantitativă a pierderilor și diluarea minereului supus extracției dintr'un bloc se face prin compararea cantității și a calității minereului extras la suprafață cu cantitatea și calitatea minereului care trebuie extras.

În lucrarea profesorului D. A. Kazakovski (18) se adoptă notațiile următoare:

- Q_1 — rezerva de minereu exploatabil în limitele blocului, în t;
- Q_2 — cantitatea de minereu, extrasă la suprafață din același bloc, în t;
- c_1 — conținutul mediu în metal din minereu exploatabil din masivul blocului, în %;
- c_2 — conținutul mediu în metal din masa de minereu extrasă la suprafață, în %;
- c_3 — conținutul mediu în metal din rocele din acoperiș din culcuș și din intercalații, care se amestecă cu minereul escavat, în %.

Extracția vizibilă de minereu va fi:

$$i\% = \frac{Q_2}{Q_1} \cdot 100 \quad (9.1)$$

„Extragerea vizibilă” de minereu nu caracterizează însă extragerea totală a minereului, întrucât ea poate fi superioară, din cauza diluării. Mai indicatoare este „extragerea reală”, determinată cu formula:

$$r\% = \frac{Q_2 - \gamma}{Q_1} \cdot 100 \quad (9.2)$$

unde γ — cantitatea de steril care s'a introdus în minereu în timpul extragerii, în t.

Mărimea b , care se calculează din expresia:

$$b\% = \frac{\gamma}{Q_2} \cdot 100 \quad (9.3)$$

se numește coeficient de diluare.

Folosind relațiile (9.2) și (9.3), expresia extragerii reale se prezintă sub forma:

$$i^0\% = \frac{Q_2}{Q_1} (100 - b). \quad (9.4)$$

Deoarece nu se poate determina direct cantitatea de steril în minereul produs, ea se va determina indirect, exprimând-o prin mărimile deja cunoscute: Q_2 , c_1 , c_2 , c_3 . Astfel se rezolvă două ecuații: ecuația bilanțului de minereu și ecuația bilanțului de metal

$$x + y = Q_2.$$

$$x \frac{c_1}{100} - y \frac{c_3}{100} = Q_2 \frac{c_2}{100}, \quad (9.5)$$

în care x — cantitatea minereului extrasă din bloc, în t.

Din rezolvarea ecuațiilor indicate se obține:

$$y = Q_2 \frac{c_1 - c_2}{c_1 - c_3}. \quad (9.6)$$

Din (9.3) și (9.5) se obține expresia finală pentru coeficientul de diluare al minereului:

$$b^0\% = \frac{c_1 - c_2}{c_1 - c_3} \cdot 100. \quad (9.7)$$

Cunoscând pe y din (9.6) și pe b din (9.7), după formula (9.2) sau (9.4), se calculează ușor extragerea reală de minereu i . Cu aceasta din urmă, se determină ușor pierderile de minereu în $\%$. Acestea vor fi:

$$\Delta^0\% = 100 - i^0\%. \quad (9.8)$$

Pe lângă extragerile și pierderile de minereu, este necesar să se cunoască extracțiile și pierderile de metal.

Extracția de metal i_m este egală cu raportul dintre cantitatea de metal P_2 din minereul exploatabil extras la suprafață, și cantitatea de metal P_1 din minereul exploatabil din zăcământ. În expresie relativă, ea se va prezenta sub forma:

$$i_m^0\% = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 = \frac{Q_2}{Q_1} \left(\frac{c_2 - c_3}{c_1 - c_3} \right) \cdot 100 \quad (9.9)$$

pentru

$$P_2 = \frac{Q_2 c_2}{100} - \frac{y c_3}{100} \text{ și } P_1 = \frac{Q_1 c_1}{100},$$

de unde pierderile de metal vor fi:

$$\Delta_m^0\% = 100 - i_m^0\% = 100 \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1} \cdot \frac{c_2 - c_3}{c_1 - c_3} \right). \quad (9.10)$$

Extracția și pierderile de metal se calculează după componentul de bază și după componentele însoțitoare. Pierderile de minereu și de metal prezintă caracteristica principală a pierderilor cantitative. Alături de coeficientul extracției de minereu și, de metal, ele caracterizează complexitatea extragerii substanței minerale utile și a componentului util.

Coeficientul de diluare al minereului, care caracterizează pierderile calitative, se calculează, pentru componentul de bază, în același fel ca și pentru componentele însoțitoare.

A doua mărime, care caracterizează pierderile calitative, este extracția conținutului în metal. În procente, ea este reprezentată prin expresia următoare:

$$i_c^0/0 = 100 - b^0/0 = 100 \left(1 - \frac{c_1 - c_2}{c_1 - c_3} \right). \quad (9.11)$$

În cazul când sterilul care diluează minereul nu conține metal, adică $c_3 = 0$, formulele mai sus arătate pentru i_m , $\Delta_m b$, i_c se simplifică corespunzător și iau forma:

1. Extracția cantității de metal:

$$i_m^0/0 = 100 \left(\frac{Q_2 c_2}{Q_1 c_1} \right). \quad (9.12)$$

2. Pierderile metalului:

$$\Delta_m^0/0 = 100 \left(1 - \frac{Q_2 c_2}{Q_1 c_1} \right). \quad (9.13)$$

3. Coeficientul de diluare al minereului:

$$b^0/0 = 100 \left(1 - \frac{c_2}{c_1} \right). \quad (9.14)$$

4. Extracția conținutului în metal:

$$i_c^0/0 = 100 \frac{c_2}{c_1}. \quad (9.15)$$

Datele inițiale, care intră în formulele prezentate, se obțin în felul următor:

- Q_1 — din planurile topografice miniere și din secțiuni;
- Q_2, c_2 — după datele de cântărire sau după evidența numerică a vagonetelor de minereu produs și prin luarea probelor (eșantionarea marfară) din vagonete, în punctele de control și de evidență;
- c_1, c_3 — după datele de eșantionare a minereului și a rocilor din culcuș și din acoperiș, din lucrările miniere.

Pentru evidența pierderilor de exploatare și a diluării de minereu pentru fiecare bloc din exploatare, se ține o cartotecă de evidență, livrete. În aceste livrete se arată: caracteristicile geologice și tehnico-miniere de exploatare a blocului, rezervele lui, datele de eșantionare (din frontul de lucru și al produsului), cantitatea de minereu real extrasă, coeficienții de extragere și de diluare, cum și pierderile. Cu aceasta nu se fixează numai pierderile de exploatare, ci și pierderile care nu sunt în legătură cu extragerea minereului din blocuri, de exemplu pierderile în stâlpii de siguranță lăsați din cauze geologice sau din alte cauze. Determinarea lor nu cere explicații. La exploatarea zăcămintelor restrânse ca dimensiuni, cartoteca se ține pentru zăcămintul în totalitatea lui, fără să se împartă pe sectoare și pe blocuri.

Mărimea pierderilor calitative și cantitative variază în limite largi. În tabela 28 sunt date, pentru ilustrare, pierderile calitative și cantitative pentru grupele principale ale metodelor de exploatare, după datele Prof. N. I. Truşkov. Datele arătate trebuie considerate ca date de orientare.

Tabela 28

Nivelul pierderilor la exploatarea zăcămintelor de minereuri

Nr. crt.	Metoda de exploatare	Pierderi calitative %	Pierderi cantitative %
1	Metoda de exploatare cu susține și rambleiere	0—5	0—10
2	Metoda de înmagazinarea minereului	10—30	5—15
3	Metoda cu camere și stâlpi	0—25	12—40
4	Surparea în felii	până la 30	2—5
5	Surparea în etaje	5—10	5—15

Normativele pierderilor calitative și cantitative se stabilesc periodic, în baza experienței și sunt aplicabile la condițiile concrete de exploatare a zăcămintelor de minereuri.

Formulele arătate se aplică la extragerea totală a unității exploatabile, când tot minereul tăiat se extrage de la mină. În caz contrar, se socotește cantitatea și calitatea minereului care rămâne în roștoarele, în camere sau pe haldă, etc. (nota redacției).

În cazul exploatării zăcămintelor de substanțe minerale utile la zi, clasificarea și evidența pierderilor prezintă unele particularități. În acest caz, toate formele pierderilor reale se pot împărți, deosebirea, în trei grupe:

- a) pierderi care nu depind de metoda de exploatare;
 - b) pierderi care sunt în legătură cu metoda de exploatare (pierderi de exploatare);
 - c) pierderi cauzate de conducerea greșită a lucrărilor miniere.
- Prima grupă a pierderilor cuprinde:

1. Pierderi în stâlpii de siguranță, a căror lăsare este justificată din punct de vedere tehnic și economic.

2. Pierderi din cauza condițiilor geologice nefavorabile. Aici intră pierderile condiționate de variația structurii zăcămintului (variația bruscă a grosimii, efilarea zăcămintului, un contact complicat și neregulat, intercalații sterile, etc.). Pentru a evita extragerea rocii sterile în cantități mari, se abandonează o parte din substanța minerală utilă. Aceste pierderi sunt provocate comparativ destul de des, prin prezența sectoarelor deranjate, în locurile unde apar faliile de cădere, de alunecări și alte deranjamente tectonice. În acest caz, pierderile sunt cauzate de faptul, că în sectoarele de dimensiuni mici, extragerea cu escavatoare a substanței minerale utile, se face greu, iar exploatarea manuală este nerentabilă.

Pierderile la exploatarea cu escavatorul a sectoarelor cu hipso-metria complicată a culcușului și a acoperișului, sunt inevitabile.

3. Pierderi cauzate de condițiile neprielnice hidrogeologice. Acestea sunt pierderile cauzate de iruperi neașteptate de apă și de inundarea substanței minerale utile, pe un timp îndelungat; ca urmare, o parte însemnată a substanței minerale utile este spălată de apă și se leșiază sau se diluează cu sterilul.

Pentru zăcămintele cu acoperișul și cu culcușul slab (zăcămintele din Bogoslovsk Korchinsk) sunt caracteristice pierderile provocate de alunecări de teren. Aceste pierderi sunt condiționate de alunecarea rocilor peste frontul de lucru, când o parte din substanța minerală utilă dinspre culcuș se pierde sub alunecări.

A doua grupă de pierderi se determină prin proiectul de exploatare și cuprinde:

- 1. Pierderi în stâlpii de siguranță.
- 2. Pierderi în culcușul și acoperișul strătului, inevitabile la extragerea și încărcarea substanței minerale utile cu escavatorul, în legătură cu asigurarea pentru acesta a mersului pe orizontală, la un unghi dat de înclinare a zăcămintului. Pierderile substanțelor minerale utile sunt cuprinse în așa numitele „triunghiuri” (șpițuri)

din acoperișul și din culcușul zăcământului. În acest caz, lupta pentru micșorarea pierderilor de acest fel se poate duce prin îmbunătățirea lucrului escavatorului și prin folosirea utilajului corespunzător pentru curățire.

3. Pierderi cauzate prin aplicarea metodei de umplere a golului escavat cu sterilul produs din desvelirea zăcământului. În acest caz, pierderile se produc în urma amestecării sterilului cu substanța minerală utilă, care se surpă din flancuri și apoi acest amestec se lăpătează ca steril, în spațiul escavat. Micșorarea acestor pierderi este posibilă, prin asigurarea evacuării minuțioase a substanței minerale utile surpate, anterior executării umplerii golului escavat, cu roca sterilă.

4. Pierderile substanței minerale utile excavate în urma împrăștierei acesteia la executarea lucrărilor de pușcare, aruncarea roci sterile în halda de minereu, în concreșteri, etc. Pierderile de exploatare trebuie împărțite în: pierderi normate și pierderi reale.

Primele dau o imagine a pierderilor la o conducere justă a lucrărilor miniere, iar celelalte caracterizează situația pierderilor de exploatare, la fiecare moment dat.

Pierderile provocate de conducerea greșită a lucrărilor miniere cuprind: 1. Excesul de pierderi față de pierderile proiectate în stâlpii de siguranță, care depășesc dimensiunile tehnice necesare.

2. Pierderile în acoperișul și în culcușul stratului, care depășesc pe cele normate.

3. Pierderile din sectoarele incomplet exploatate, abandonate, la limitele câmpului minier, a căror părăsire nu este cauzată de motive tehnice, de exemplu pe flancurile carierei, în culcușul stratului, din cauza nerespectării taluzului proiectat în exploatarea flancului carierei, etc.

4. Pierderi provocate de surpările roci sterile.

5. Pierderi provocate de incendii.

6. Pierderi de substanțe minerale utile excavate, cauzate de curățirea incompletă, de împrăștierea în timpul transportului, etc.

Evidența pierderilor este strâns legată de evidența producției și de aceea se face concomitent. Calculul pierderilor, ca și calculul producției, se face după planurile măsurate ale treptelor și ale secțiunilor transversale la scara 1/500, întocmite odată cu planurile topografice miniere de bază. Pe măsura dezvoltării lucrărilor miniere, planurile de măsurare a treptelor și a profilelor transversale se completează încontinuu. Pierderile din stâlpii de siguranță, din cauza condițiilor geologice și hidrogeologice nefavorabile, se stabilesc din

planuri, înmulțind suprafața corespunzătoare a stâlpului, sau suprafața sectorului neexploatat, cu grosimea totală utilă reală (constatată în procesul exploatării) a zăcământului și cu greutatea volumetrică a substanței minerale utile din masiv.

Pierderile din culcușul și din acoperișul zăcământului se determină după planurile de măsurare și după profilele transversale pe care s'au trasat, după datele ridicării, vatra treptei de abataj inferior și vatra treptei de desvelire inferioară, și prin compararea lor cu poziția reală a acoperișului și a culcușului zăcământului transpuse pe plan, după datele ridicării topografice și după datele forajului de exploatare. Pentru calculul pierderilor, suprafața conturului se ia din plan, iar grosimea medie a fâșiei abandonate se obține ca diferență între grosimea zăcământului și grosimea reală exploatată a zăcământului, sau se ia după rezultatele măsurărilor directe, ținând seama de pierderile produse la curățire.

Pierderile substanței minerale utile escavate, care se evacuează pe haldă, odată cu roca sterilă cu care este concrecută, se stabilesc prin măsurări experimentale.

Repetarea multiplă a acestor experiențe dă posibilitatea să se calculeze media conținutului substanței minerale utile în haldă și să se folosească această cifră în calculele ulterioare ale pierderilor de acest fel.

Pierderile substanței minerale utile escavate, prin curățirea incompletă a vetrei treptei inferioare de abataj, se pot determina prin măsurarea grosimii fâșiei escavate a substanței minerale utile, pe toată suprafața treptei, la anumite intervale. Grosimea medie, astfel obținută, poate fi folosită în calculul pierderilor indicate.

Pierderile substanței minerale utile excavate pe transportul cu bandă, se pot determina prin măsurări experimentale. După un număr suficient de asemenea măsurări, se poate obține valoarea medie a pierderilor pentru o unitate de lungime a benzii și aceasta se va folosi ulterior, la calculul pierderilor de acest fel.

La metoda de lucru prin mutarea treptei de desvelire inferioară în spațiul escavat, pierderile datorite mutării roci se determină prin ridicare topografică a treptei, înainte și după umplerea ei cu steril. Diferența de volum dă pierderile produse, din cauza mutării. După observații sistematice asupra acestui fel de pierderi, se calculează media valorii lor pentru 1 m de fâșie de mutare, după care, calculul pierderilor se poate reduce la măsurarea lungimii fâșiilor de mutare.

Pierderile cauzate de incendii și surpări de rocă sterilă se calculează după planurile și profilele transversale.

Accestea sunt particularitățile clasificării și ale evidenței pierderilor de zăcământ pentru metoda de exploatare la zi.

CONTROLUL TOPOGRAFIC MINIER AL PRODUCȚIEI

§ 1. PRINCIPII GENERALE

Controlul topografic minier al producției la minele de cărbuni face parte dintre lucrările principale ale activității topografiei miniere. Controlul se efectuează prin măsurarea lucrărilor miniere și prin măsurarea substanței minerale utile depozitate. Când primul dintre controlurile indicate este greu de executat, se folosește numai al doilea.

Prin măsurarea lucrărilor miniere, se controlează justetea evidenței operative a producției minei, aplicabilă la sectoare de exploatare aparte.

Acest control se realizează prin compararea rezultatelor măsurărilor topografice miniere cu datele evidenței operative (după numărul de vagoane).

La exploatarea zăcămintelor de minereu, evidența producției se face, deseori, prin cântărirea vagonetelor cu minereu pe cântare.

Pe lângă evidența producției, măsurarea lucrărilor miniere urmărește o serie de alte obiective, de exemplu:

- a) determinarea lungimii și a secțiunilor reale ale lucrărilor miniere capitale și de pregătire;
- b) determinarea vitezei de înaintare a lucrărilor miniere, pentru stabilirea evidenței reale a volumului lucrărilor executate și a ciclității;
- c) determinarea lungimii fronturilor din abataje, pentru calculul lungimii lucrărilor de pregătire și de abataj;
- d) culegerea și fixarea datelor necesare detaliilor planurilor topografice miniere, evidenței pierderilor substanței minerale utile, caracteristicii structurii sectorului, etc.

Calculul rezervelor, după măsurările lucrărilor miniere, se face la expirarea lunii. Calculul producției se face cu împărțirea pe abataje și sectoare, cu separarea producției din abataje și din lucrările miniere de pregătire.

Producția substanței minerale utile se determină în greutate, ca produsul volumului escavat, cu greutatea volumetrică a substanței utile din panou. Prin măsurarea substanței minerale utile în depozite, se controlează justetea evidenței operative a producției pe întreaga mină. Controlul indicat se bazează pe compararea rezultatelor obținute dela măsurările topografice miniere, cu soldurile respective ale contabilității de evidență a substanței minerale utile, care se

află în silozuri, pe rampele de dosaj și în vagoanele de cale ferată încărcate, dar, scriptic, nescăzute.

Cantitatea substanței minerale utile depozitate, exprimate în unități de măsură de greutate, se obține prin înmulțirea volumului stivelor cu greutatea volumetrică a substanței minerale utile din stive.

Măsurarea depozitelor, ca și măsurarea lucrărilor miniere, se face în fiecare lună și anume, luând situația la sfârșitul ultimului schimb al perioadei de gestiune. Rezultatul măsurării se consemnează într'un proces verbal de constatare.

La calculul producției de cărbune în lucrările miniere subterane trebuie să se țină seamă de pierderile substanței minerale utile escavate și de amestecarea masei produse cu sterilul.

§ 2. CALCULUL PRODUCȚIEI DUPĂ MĂSURĂRILE SPAȚIULUI ESCAVAT

a) Determinarea volumului escavat

Volumul escavației, în lucrările de abataj dela minele carbonifere, se calculează ca produsul suprafeței escavării cu grosimea medie utilă a zăcământului. La contururile complicate ale lucrărilor de abataj (camere), volumul escavației se determină prin metoda secțiunilor.

Suprafața escavației se obține prin înmulțirea lungimii medii a frontului de abataj cu înaintarea medie lunară. Apoi, din suprafața escavației introdusă în calculul volumului, se scade suprafața însumată a stâlpilor de siguranță, lăsați în spațiul abatat.

Lungimea frontului de lucru în lucrările de abataj se determină prin măsurarea cu panglica. Valoarea medie a lungimii frontului de lucru, pentru luna respectivă, se ia ca medie aritmetică din două măsurări (la începutul și la finele lunii) sau din mai multe măsurări (la variația bruscă a lungimii frontului de lucru).

Înaintarea lucrărilor de abataj se măsoară, deasemenea, cu panglica, dela punctele topografice fixe, din ambele galerii, între care este cuprins frontul de lucru. Înaintarea medie se obține ca o medie aritmetică, din diferența de măsurare a ambelor galerii la începutul și la finele lunii de gestionare. O configurație complicată a frontului de lucru se măsoară cu aparate, și suprafața escavației se determină printr'o metodă sau alta, ca suprafață cuprinsă între galeriile și contururile frontului de lucru, la începutul și la finele lunii.

La măsurarea înaintării frontului de lucru și a lungimii abatajului, citirea pe panglică se face cu precizie până la 1 cm, însă rezulta-

tuł măsurării unuiu dintre elemente este suficient să fie obținut cu precizie până la 0,1 m.

Pentru determinarea volumului escavației, trebuie să se cunoască grosimea medie utilă a stratului.

Accastă grosime se determină pentru fiecare lucrare minieră ca medie aritmetică, dintr'o serie de măsurări în puncte distincte.

Frecvența măsurărilor este determinată prin variația grosimii.

Măsurarea se face cu panglica, cu precizia citirii până la 0,01 m.

În cazul structurii complicate a zăcământului, măsurarea grosimii componenților separați este mai bine să se facă prin metoda sumelor crescânde, dela un orizont sau altul bine determinat. Secțiunea structurală a zăcământului, în punctul de măsurare, se înscrie în registru, sub forma unei coloane structurale de cifre, cu indicarea grosimilor fâșiilor substanței minerale utile și a intercalațiilor sterile. Înălțimea frontului de lucru (grosimea de lucru) este cuprinsă în paranteze pătrate, iar grosimile intercalațiilor sterile escavate, care nu sunt cuprinse în producție, se închid în a doua paranteză din interiorul celor dintâi.

La transpunerea rezultatelor de măsurare a grosimii pe plan, în cazul unei coloane prea încărcate (lungi), ea se scoate pe marginea planului, iar lângă punctul de măsurare de pe plan, se înscrie o fracție, la care numitorul este grosimea de lucru, iar numărătorul grosimea utilă escavabilă.

Volumul escavației substanței minerale utile, în lucrările miniere de pregătire, se calculează prin înmulțirea înaintării lucrării miniere cu suprafața zăcământului desvelit, în limita profilului lucrării miniere. Lățimea lucrării miniere se calculează ca o medie aritmetică; din măsurarea ei la talpă, la tavan și la mijloc. Rezultatul se înscrie cu precizie până la 0,01 m. Înaintarea frontului de lucru al lucrărilor miniere de pregătire se măsoară cu panglica, dela punctele topografice fixe sau dela punctele de reper.

b) Documentarea măsurărilor

Documentarea măsurărilor se compune din registrele de măsurare ținute la curent, din planurile de măsurare și din registrele de evidență a săpării lucrărilor miniere.

În registrul de măsurare, pe baza carnetelor de teren, se desenează schițele lucrărilor miniere, pe care se arată:

a) situația punctelor, dela care se încep măsurările înaintării fronturilor de lucru și valorile cifrice ale distanțelor dela punct până la frontul de lucru al lucrării miniere, în momentul executării măsurării;

b) lățimea și înălțimea lucrării miniere;

- c) panourile substanței minerale utile și dimensiunile lor;
- d) detaliile importante ale spațiului de abataj (sectoarele cu rambleu, cu surpare, deranjamentele tectonice, etc.).

Datele din registrele de măsurare se folosesc atât pentru evidența săpării lucrărilor miniere, cât și pentru detalierea hărților topografice miniere și pentru întocmirea planurilor de măsurare la scară mare.

Dacă planurile de bază satisfac cerințele măsurărilor, nu se mai întocmesc planuri speciale de măsurare.

Evidența săpării lucrărilor miniere se ține într'un registru, al cărui model, pentru fiecare fel de substanță minerală utilă, se fixează prin instrucțiunile respective.

c) Determinarea greutateii volumetrice a substanței minerale utile în panou

La calculul producției substanței minerale utile în unități de greutate, volumul escavației trebuie să fie înmulțit cu greutatea volumetrică. Determinarea greutateii volumetrice a substanței minerale utile din panou (masiv) se face cu una dintre următoarele metode:

- a) metoda escavației de probă;
- b) metoda cântăririi hidrostatice;
- c) metoda de calcul analitic.

Metoda escavației de probă constă în următoarele: în lucrarea minieră de pregătire sau de abataj, după îndreptarea minuțioasă a frontului de lucru, se execută escavarea substanței minerale utile în forma unei nișe, cu pereții drepecți paraleli între ei. Escavația trebuie făcută fără întrebuințarea explozivului.

După ce escavația s'a executat, printr'o serie de măsurări se determină lățimea, adâncimea (lungimea) și înălțimea escavației. Din cea din urmă, se scad intercalațiile sterile, care nu se includ în producție. Volumul escavației nu trebuie să fie prea mic (minim de 1 m³).

Greutatea substanței minerale utile extrase din escavație se determină cu cântarul zecimal, care se instalează la frontul de lucru.

Prin împărțirea greutateii obținute la volumul escavației, se obține greutatea volumetrică a substanței minerale utile din panou (masiv).

Pentru executarea escavației de probă, se recomandă alegerea unui front de lucru uscat. Se fac cel puțin două determinări. Rezultatul determinării se înregistrează.

Determinarea greutateii volumetrice a cărbunelui, prin metoda de cântărire hidrostatică, se face după următoarea schemă:

După fiecare fâșie (dacă stratul nu are o grosime omogenă), se iau câte 8—10 probe de cărbune. Probele se transportă în ambalaj

la laborator. Aici se curăță lipiturile de noroi și particulele ușor detașabile; după aceasta, fiecare probă se cântărește în aer liber, pe cântarul tehnic, de două ori, cu precizia până la 0,1 g. Apoi proba se cufundă în apă atât timp, pentru ea porii să se umple cu apă. După aceasta, proba se scoate din apă, se scutură sau se șterge cu hârtie sugativă și se cântărește a doua oară în aer liber, pe cântarul tehnic. În fine, se cântărește proba cufundată în apă pe cântarul hidrostatic (de două ori, cu precizie până la 0,1 g).

După aceasta, valoarea greutateii volumetrice a probei se obține cu formula:

$$R'_h = \frac{P_1}{P_2 - P_3}, \quad (10.1)$$

în care R'_h este greutatea volumului probei după cântărirea hidrostatică;

- P_1 — greutatea probei în aer, înainte de saturare cu apă;
- P_2 — greutatea probei în aer, după saturarea cu apă;
- P_3 — greutatea probei cufundată în apă.

Valoarea definitivă a greutateii volumetrice se obține ca medie din determinări separate. Dacă este nevoie, această medie se ia ca medie ponderată unde, în loc de rezultatul cântării, apar grosimile fâșiilor separate ale stratului. Valoarea definitivă a greutateii volumetrice se ia și se înregistrează, cu precizie până la 0,01.

Când cântarul hidrostatic lipsește, acesta poate fi înlocuit cu cântarul tehnic obișnuit, la care, în locul unui platan se așează o plasă de sârmă, pentru cântărirea probei în apă.

În capitolul V s'a menționat că determinarea greutateii volumetrice a cărbunelui și a șistului combustibil este rațional să se execute prin metode de calcul analitic, ținând seamă de legătura simplă și pe deplin determinată a greutateii volumetrice a cărbunelui și a șistului combustibil cu conținut de cenușă. Pentru aceasta, este destul să se determine odată greutatea volumetrică prin cântărirea hidrostatică, iar apoi să se calculeze greutatea volumetrică fără determinări suplimentare, pornind de la conținutul în cărbune și în șist combustibil.

Urmează să se folosească expresia:

$$R_t = R_h + k(A_l^m - A_{ch}^m) + \Delta R_t, \quad (10.2)$$

în care R_t — greutatea volumetrică a substanței minerale utile în panou;

R_h — valoarea medie a greutateii volumetrice a probelor cu umiditatea naturală, după datele cântării hidrostatice;

- k — variația greutateii volumetrice în funcție de variația conținutului în cenușă inseparabilă cu 1%. Se determină în mod empiric. Pentru cărbune k este 0,007, iar pentru șisturi 0,008 — 0,01;
- A_i^m — conținutul mediu al cenușei inseparabile, după datele analizei chimice a probelor din fâșii ale sectoarelor, care sunt planificate pentru exploatare;
- A_{ch}^m — conținutul mediu al cenușei inseparabile în probele folosite pentru cântărirea hidrostatică;
- ΔR_t — corecția pentru sterilul care diluează producția (la metoda de exploatare subterană a cărbunelui, se ia egală cu + 0,02).

Determinarea greutateii volumetrice a altei substanțe minerale utile se poate face cu aceleași metode (cântărire hidrostatică, escavare de probă). La aceasta, ca și la determinarea greutateii volumetrice a cărbunelui, trebuie să se clasifice dependența greutateii volumetrice de componenții de bază ai minereului și în conformitate cu aceasta, să se introducă corecțiile necesare, în rezultatele determinărilor obținute.

La determinarea greutateii volumetrice prin cântărirea hidrostatică a substanțelor minerale utile poroase sau a celorlalte substanțe care se moaie în apă, trebuie să se parafineze probele examinate.

§ 3. MASURAREA SUBSTANȚEI MINERALE UTILE ÎN STIVE

a) Determinarea volumului stivelor

Pentru calculul substanțelor minerale utile în depozit, exprimat în măsuri de greutate, trebuie să se determine volumul stivelor și greutatea volumului substanței minerale utile în stive.

Volumul stivelor se calculează pe bază de măsurări (ridicări). La aceasta se folosește:

1. ridicarea tachimetrică (menzuală);
2. metoda profilelor;
3. măsurarea cu panglica.

Aplicarea oricăreia dintre metodele enumerate presupune un plan topografic întocmit în prealabil la scara 1/200, cu secțiunea reliefului la fiecare 0,25 m, pentru sectoarele unde se amplasează depozitele. Pe lângă relief, pe plan se trasează punctele de reper, pentru ridicarea stivelor și situația lor. Pentru ușurarea calculelor următoare se scot de pe planurile indicate copii heliografice, pe care se execută construcțiile, după datele măsurării de stive, în ordinea lor.

La toate metodele de măsurare, existența resturilor mari nu trebuie să exercite o influență asupra preciziei determinării volumului. Volumul definitiv al stivei se înregistrează cu rotunjire până la trei cifre.

Ridicarea tachimetrică se aplică la determinarea volumului stivelor mari, care au o formă complicată (depozite de semisilozuri cu scrapere și depozite cu scrapere).

La ridicare, distanța limită dela aparatul de măsurat până la punctul determinat nu trebuie să depășească 30 m.

Rezultatul ridicării se transpune pe copia heliografică a planului platformei depozitului sub formă de contururi și de curbe de nivel ale suprafeței stivelor.

Distanța dintre curbele de nivel este:

- a) la o înălțime medie de 3 m a stivei până la 0,5 m;
- b) la o înălțime medie peste 3 m a stivei până la 1 m.

Calculul volumului stivelor se face cu formula trapezului și după secțiunile orizontale sau verticale, întocmite după planul suprapus al platformei depozitului și al stivei.

La determinarea volumului după secțiunile verticale, distanța dintre secțiuni se ia de 5—10 m, în funcție de complexitatea formei stivei.

Scara orizontală în secțiuni se ia egală cu scara planului, iar cea verticală, în funcție de dimensiunile stivei, se ia aceeași, sau de două ori mai mare.

Metoda profilelor se recomandă să se aplice la măsurarea depozitelor pe haldă, pe estacade sau pe calea ferată și se caracterizează prin capacitatea însemnată a stivelor cu o configurație comparativ regulată și cu o suprafață plană.

La aplicarea metodei profilelor la suprafața depozitului, se face împărțirea suprafeței prin secțiuni transversale, în forma liniilor paralele echidistanțate și perpendiculare pe axa lungă a stivei. Distanța dintre profile se stabilește în funcție de dimensiunile și complexitatea formei depozitului.

Se pot recomanda următoarele distanțe între transversale: 5 m la o capacitate a stivei de minimum 7—10 mii m³, și 10 m, la o capacitate a stivei mai mare decât valoarea indicată.

După împărțire, se execută ridicarea orizontală și verticală a transversalelor. În primul rând, transversalele (punctele lor de plecare) se leagă cu punctele de reper. Apoi, ridicarea include măsurarea cu panglica a distanțelor dela punctele de plecare a transversalelor până la talpa stivei și a distanțelor succesive, între punctele caracteristice de pe suprafața stivei și în fine, se execută nivelmentul geometric al tuturor punctelor profilului, între care se face măsurarea distanțelor.

Nivelmentul geometric al suprafeței stivei, în lungul transversalelor, poate fi înlocuit prin măsurarea unghiurilor verticale cu eclimetrul.

Construirea profilelor suprafeței stivei după transversale se face pe profilele platformei depozitului, în prealabil pregătite și anume, în lungul aceluiași transversale. Această construcție se execută prin mijloace grafice, după distanțele măsurate și prin marcarea punctelor, iar în cazul folosirii eclimetrului, după distanțele măsurate și unghiurile de pantă.

Condițiile care se cer la construcția profilelor după transversale, la determinarea suprafețelor secțiunii și a volumului, rămân aceleași ca la ridicarea tachimetrică.

Măsurarea cu panglica se aplică la determinarea volumului stivelor mici (capacitate până la 1000—1500 m³) sau a stivelor, care au o formă relativ regulată. La această metodă, se folosesc: panglica, eclimetrul și mira de nivelment. Rezultatul măsurării (ridicării) se trasează pe copia heliografică a planului platformei depozitului.

Calculul volumului se face cu formulele figurilor geometrice regulate, cu care se aseamănă părțile separate ale stivei.

După cum arată cercetările (17), la o alegere justă a metodei ridicării stivelor și a metodei de prelucrare a rezultatelor în birou, rezultă la calculul volumului, o eroare, care să nu depășească 1—3%.

b) Determinarea greutateii volumetrice a substanței minerale utile în stivă

Greutatea volumetrică a substanței minerale utile în stive se determină deseori prin umplerea cu această substanță a unei lăzi (al cărei volum este cunoscut), prin cântărirea substanței minerale utile și obținerea rezultatului prin împărțirea greutateii la volumul lăzii.

Volumul lăzii se găsește după o serie de măsurări ale înălțimii, lungimii și lățimii, cu o riglă verificată, sau cu o panglică.

Pentru încărcarea lăzii, substanța minerală utilă se ia dintr'un număr cât mai mare de puncte ale stivei, iar proba obținută trebuie să fie reprezentativă, atât în ce privește conținutul în substanță, cât și în ce privește granulația. Cântărirea se face pe un cântar zecimal.

Determinarea greutateii volumetrice se face separat, pentru fiecare sortiment de substanță minerală utilă. Dintr'o serie de determinări, se ia o valoare medie a greutateii volumetrice.

Deoarece greutatea medie astfel obținută va fi greutatea substanței minerale utile proaspăt stivuită, iar în practică calculând rezervele depozitelor cu diferite termene de depozitare, trebuie să se introducă în rezultatul obținut, o corecție cu semnul plus pentru tasarea stivei

în timp. Ea se stabilește empiric, pe baza observațiilor topografice (nivelmente) asupra tasării stivelor. De exemplu, dintr'un număr mare de observații la depozitele de cărbuni, s'a stabilit că această corecție, în funcție de durata depozitării cărbunelui, variază între $+0,02$ și $0,08$ și deci această corecție trebuie să fie luată în considerație.

Determinarea greutateii volumetrice a substanței minerale utile stivuite se poate obține prin măsurarea și cântărirea substanței minerale utile încărcate în vagoane de cale ferată, pe cântarul de cale ferată, prin măsurarea volumului și cântărirea substanței minerale utile în stive mici, etc. Este necesar, să se țină seamă că, din punctul de vedere al preciziei, problema determinării greutateii volumetrice a substanței minerale utile în stive este mai grea decât determinarea volumului stivelor. Precizia determinării greutateii volumetrice a substanței minerale utile stivuite depinde în mare măsură de omogenitatea și de mărimea bucăților. În cazurile cele mai defavorabile, eroarea determinării greutateii volumetrice poate să atingă $\pm 3\%$ și chiar mai mult.

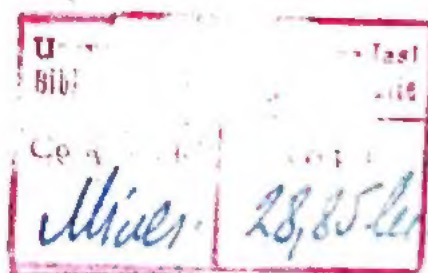
Spre deosebire de eroarea determinării volumului stivelor, eroarea determinării greutateii volumetrice nu este în funcție inversă cu volumul stivei. Astfel eroarea făcută la măsurarea substanței minerale utile în depozite, în cazurile defavorabile (la rezerve mici de cărbune în stive), poate ajunge până la $\pm 4-5\%$.

BIBLIOGRAFIE

1. Bauman V. I., K voprosu ob opredelenii zapasov mestorojdenii. Gornii jurnal, t. IV, 1908.
2. Bauman V. I., K voprosu o sbrosah, sdvigah i drugih smesce-
niah jil i plastov. Zapischi gornogo instituta, t. I, vip. 1, 1907.
3. Betehtin A. G., Tatarinov P. M. i dr., Curs mestorojdenii polez-
nih iscopaemih. Gostoptehizdat, 1946.
4. Blaškevici I. A., Vilesov G. I., Gheometrizația drajnîh poligonov.
Ghizmestprom, 1938.
5. Vasiliev P. V., Ugoli, vip. 5, seria „Oțenchi mestorojdenii pri
poiscah i razvedche“. Gosgheolizdat, 1949.
6. Vitkovskii V. V., Cartografia, 1907.
7. Ghirșvald L. I., Proectivnaia gheometria. Gosudarstvennoe nau-
cintehnicescioe izdatelstvo Ucrainî, Harcov, 1935.
8. Gusev M. I., Prosteișie gornogheometricieschie zadaci. Ugleteh-
izdat, 1940.
9. Dalinkevici I. A., Gornaia gheometria. Steclografir, izdanie.
LGI, 1924.
10. Jemciujnicov I. A., Obșceia gheologhia iscopaemih uglei. Ugleteh-
izdat, 1948.
11. Zamiatin P. M., Mavrițkii K. G., Instrucția po markșeidersco-
gheologhicescomu balansovomu ucietu zapasov rud, metallov, poteri i
razubojivania na gornorudnîh predpriatiâh Narcomțvetmeta, Prilojenie
k pricazu Nr. 641 ot 14 octiabria 1940 g., NKTM, 1940.
12. Izakson S. S., Podscet zapasov poleznih iscopaemih. Ugleteh-
izdat, 1948.
13. Instrucția po primeneniu classificații zapasov mestorojdenii tver-
dih poleznih iscopaemih, vip. I. „Metalli“, Gosgheolizdat, 1948.
14. Instrucția po primeneniu classificații zapasov mestorojdenii tver-
dih poleznih iscopaemih, vip. II, „Ugoli i slanți“, 1947.
15. Kazacovskii D. A., Metodiceschie ucazania po ucetu dvijenâ
zapasov dobici i poteri. Trudî VNIMI, vip. 14, 1947.
16. Kazacovskii D. A., K voprosu o markșeiderscom controle dobici
pri razrabotche camennougolinih mestorojdenii. Trudî VNIMI, vip. XVI,
1948.

17. Kazacovskii D. A., O markšiderscom controle dobici posredstvom zamera skladov. Trudi VNIMI, vip. XVIII, 1949.
18. Kazacovskii D. A., Markšiderscoe delo i gheometrizația neдр. Ugletehizdat, 1948.
19. Kazacovskii D. A., Oțenca tocinosti rezulitatov v sviazi s gheometrizației i podsciotom zapasov mestorojdenii. Ugletehizdat, 1948.
20. Kazacovskii D. A., Gleizer M. I., Markšiderschii uciot dobici i boriba s poteriami uglia v nedrah. Ugletehizdat, 1948.
21. Kaplunov R. P., Metodica opredelenia i uceta poteri i razuboivania pri razrabotke mestorojdenii tvetnih i redchih metallov. Metallurgizdat, 1940.
22. Kell N. G., Gornaia gheometria, 1944.
23. Kell N. G., Smescenia. Issledovania po voprosam gornogo i markseidercogo dela. Sbornic XXIII. Ugletehizdat, 1950.
24. Leontovskii P. M., Elementi zalegania plastov (gornaia gheometria EVGU, 1905.
25. Molceanov I. A., Gheometriceschii analiz postupatelinih dziunctivov. Markšiderschii sbornic, t. II, izd. Zap.-sib. tresta. Tomsk, 1935.
26. Ogloblin D. N., Vibor mesta zalojenia šahti, ONTI, 1935.
27. Popov V. S., Necotorie detali mehanizma obrazovania tectoniceschih form s priloženiem ih k Donețcomu basseinu. Gornih jurnal Nr. 3, 1933.
28. Pek A. V., Trescinnaia tectonica i structurnii analiz. Izdatelistvo Akademii nauc SSSR, 1939.
29. Razumovskii N. K., Stereograficeschie proecții. Izdatelistvo KUBUCi, Leningrad, 1932.
30. Razumovskii N. K., Logarifmiceschi normalinii zacon raspređenienia vescestva i ego svoistva. Zapischi Leningradscogo gornogo instituta, t. XX, 1948.
31. Romanovskii V., Matematicescaia statistica. GONTI, NKTP, 1938.
32. Rudakov M. L., Markšiderschie raboti pri otrčitih razrabotcah, 1950.
33. Rišov P. A., Gheometria neдр. Gostoptehizdat, 1941.
34. Rišov P. A., Ucet poteri poleznih iscopaemih na rudnicah tvetnih metallov. Kazahschii filial AN SSSR, 1943.
35. Rinin N. A., Axonometria, 1922.
36. Rinin N. A., Proecții s cislovimi otmetcami, 1922.
37. Sobolevskii P. K., O smescenlah. Trudi I obšcesibirscogo markšiderscogo s'ezda. Tomsk, 1925.
38. Sobolevskii P. K., Sovremennoe markšiderscoe iscusstvo cac metodologhia rešenja osnovnih zadaci gornogo iscusstva. Trudi Vsesoiuznogorno-tehnicescogo s'ezda, tom VII, 1926.
39. Sobolevskii P. K., Sovremennala gornala gheometria. Jurnal „Soțialisticescaia reconstrucția i nauca“ Nr. 7, 1932.
40. Sobolevskii P. K., Gheometria neдр. Conspect lecții, Steclograf. izd. MGRI, 1935.
41. Trușkov N. I., Razrabotka rudnih mestorojdenii. Metallurgizdat, 1946—1947.

42. Tihomirova N. P., Učet zapasov, dobici i poteri na oteritih razrabotkah uglia. Trudi VNIMI, vip. XIX, 1949.
43. Usor M. A., Strukturalna gheologhia, Gosgheolizdat, 1940.
44. Uşakov I. N., Gornaia gheometria, ONTI, 1937.
45. Uşakov I. N., Smeşcenia gornih porod. Izvestia TNIMB Nr. 2, 1935.
46. Uşakov I. N., Zadanie virabotoc na peremeşcennoe crilo plasta (v usloviah Donbassa). Gostoptehizdat, 1941.
47. Feodorov E. S., Nbvaiia gheometria cac osnova cercenia, 1907.
48. Jacobi N. O., Metodi, pribori i slujba issledovania burovih scvajin. ONTI, 1939.



ERATA

Pag.	Rândul	In loc de	Se va citi	Greșeala se datorește
36	fig. 24	90 δ	90° - δ	Editurii
54		Clișeul fig. 36 este	fig. 37 și invers	"
56	4	fig. 30	fig. 38	"
58	fig. 40	δ	σ	"
58	1 jos	$\overline{O'O} = \overline{O'O} \frac{\sin \alpha}{\sin \sigma}$	$\overline{O'O} = \overline{O'x} \frac{\sin \alpha}{\sin \sigma}$	"
59	2	$-2 \overline{O'x} \cdot \overline{OO'} \cos \alpha$	$-2 \overline{O'x} \cdot \overline{O'O} \cos \alpha'$	"
85	fig. 65	$\frac{90^\circ \delta_0}{2}$	$\frac{90^\circ - \delta_0}{2}$	"
124	28	pl. (90-270°)	pl. (00-270°)	"
135	fig. 89, b	K'	K	"
140	formula (2.34)	Rădăcina cuprinde tot numitorul		"
170		Clișeul fig. 117 este	fig. 118 și invers	"
187	8 j	loc	lor	"
194	1 j	$\dots - y(\cos A \operatorname{tg} \Delta - \cos \alpha \operatorname{tg} \beta) = 0$	$\dots - y(\cos A \operatorname{tg} \Delta - \cos \sigma \operatorname{tg} \delta) = 0$	"
279	2	$0_1 1_1$	$0_{s1} 1$	Tipografilor
279	19	$\Sigma \varepsilon^u$	$\Sigma \varepsilon_{su}$	"
327	25	$I_1 - I_1', 2_1 - 2_1', 3_1 - 3_1'$	$I_1 - I_1, 2_1 - 2_1, 3_1 - 3_1$	Editurii
432	formula (8.40)	$c_0 = \frac{c_1 + c_2}{2} + \frac{V_2 - V_1}{21V} (c_2 - c_1)$	$c_0 = \frac{c_1 - c_2}{2} + \frac{V_2 - V_1}{12V} (c_2 - c_1)$	"
457	formula (9.1)	$l_0\% =$	$l_0\% =$	"
457	formula (9.2)	$l_0\% =$	$l_0\% =$	"
458	formula (9.5)	$x \frac{c_1}{100} - y \frac{c_3}{100} =$	$x \frac{c_1}{100} + y \frac{c_3}{100} =$	"